



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Petri Antila

# PROSESSIN KEHITYS LEAN – PERIAATTEIDEN MUKAISESTI

Tekniikka ja liikenne  
2014



## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Petri Antila
Opinnäytetyön nimi	Prosessin kehitys Lean periaatteiden mukaisesti
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	48 + 1 liitettä
Ohjaaja	Pekka Ketola

---

Työn tilasi Wärtsilä Finland Oyj Abp Vaasan toimitusyksikön W32-koeajo- ja viimeistelyosaston kaasumoottorien viimeistely. Työn tavoitteena oli lyhentää tuotteen läpimenoaikaa mahdollisimman paljon poistamalla hukkaan menevää aikaa Lean-periaatteita käyttämällä.

Lean-johtamisfilosofia keskittyy hukan eliminoimiseen koko toimitusketjussa, alihankkijoista loppuasiakkaaseen, toimintojen sisältä ja niiden välisten ylimääräisten kustannusten poistamista. Hukkaa on kaikki ylimääräinen tekeminen, joka ei tuo lisäarvoa tuotteelle. Prosessinkartoitus suoritettiin videoimalla työvaiheet sekä haastatteleamalla asentajia, työnjohtajaa ja alihankkijoita

Prosessissa syntyy hukkaa odottelusta työvaiheiden välillä sekä työkalujen ja tarvikkeiden tehottomasta sijoittelusta. Jotta saataisiin työkalujen ja tarvikkeiden sijoittelusta keskeiselle paikalle kaikki hyöty, tulisi prosessin olla jatkuvaa ilman odottelua. Moottoriasentajien ja alihankkijan työvaiheita järjestelemällä uudelleen niin, että moottorin prosessointi olisi jatkuvaa ilman seuraavan vaiheen odottelua, saataisiin merkittävä parannus prosessin läpimenoaikaan.

## ABSTRACT

Author	Petri Antila
Title	Process Development with Lean Principles
Year	2014
Language	Finnish
Pages	48 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Pekka Ketola

---

The thesis was made for Wärtsilä Finland Delivery Center in Vaasa for their W32-test run and finishing department. The objective was to shorten throughput-time of the product as much as possible by eliminating waste using the Lean principles.

The Lean –philosophy is focused on eliminating waste throughout the supply chain from sub-conductors to end user, inside of operations and between them reducing costs. In this thesis, the process mapping was conducted by videoing the work phases and interviewing the workers, foreman and sub-conductors.

As a result it was found out that waiting in between work phases and suboptimal placements of tools and materials generates waste. The process should be continuous to get the most out of centrally placed tools and materials. By re-organizing work phases, it is possible to make a significant improvement in throughput-time by continuous processing of the engine.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## KUVA-JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO .....	4
1.1	Opinnäytetyön aihe .....	4
1.2	Tavoite .....	4
1.3	Prosessin kehityksen vaiheet.....	4
2	WÄRTSILÄ .....	5
2.1	Wärtsilä historia .....	5
2.2	Nykypäivä .....	6
2.2.1	Moottorityypit .....	8
2.3	Vaasan toimitusyksikkö .....	8
2.4	Koeajo- ja viimeistelyosasto .....	9
3	LEAN .....	10
3.1	Historia.....	11
3.2	Hukka .....	12
3.2.1	Ylituotanto.....	13
3.2.2	Odottelu.....	13
3.2.3	Kuljetukset .....	13
3.2.4	Yliprosessointi.....	14
3.2.5	Varasto .....	14
3.2.6	Liike .....	14
3.2.7	Vialliset tuotteet .....	15
3.2.8	Tiedonkulun pysähtyminen .....	15
3.3	Arvonmäärittäminen.....	15
3.4	Arvovirta .....	16
3.5	Virtaus.....	17
3.5.1	Suunnittelun virtaus .....	17
3.5.2	Informaation virtaus tilauksesta tuotantoon .....	18
3.5.3	Virtaus tuotannossa .....	18

3.6	Työntö ja imuohjaus .....	19
3.6.1	Juuri oikeaan tarpeeseen (JOT) .....	20
3.6.2	Jatkuva parantaminen .....	21
3.6.3	Kanban .....	23
3.6.4	5S .....	23
3.7	Täydellisyyden tavoittelu .....	24
4	KOEAJON JA VIIMEISTELYN PROSESSI .....	26
4.1	Prosessinkartoitus .....	26
4.2	Kaasumoottorien koeajon prosessi .....	26
4.3	Kaasumoottorien viimeistelyprosessi .....	28
4.4	Resurssit .....	31
4.4.1	Henkilöstö .....	31
4.4.2	Työvälineet ja materiaalit .....	33
4.4.3	Lähetystarvikkeet .....	34
4.5	Viimeistelyn toiminnan seuranta ja mittaus .....	34
4.5.1	Työvaiheet, kesto ja etäisyydet .....	35
4.5.2	Hallin virtaus .....	35
4.6	Lean kaasumoottorien viimeistelyssä .....	37
5	PARANNUSEHDOTUKSET .....	38
5.1	Viimeistelyn läpimenoaika .....	38
5.1.1	Työvaiheiden ajoitus .....	40
5.1.2	Työpäivän tavoitteet .....	41
5.2	Kaasumoottorien viimeistelyn layout .....	42
5.3	Lähetystarvikkeet .....	43
6	YHTEENVETO .....	44
LIITE		

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b>	Liikevaihto markkina-alueittain	s. 8
<b>Kuva 2.</b>	Liikevaihdon jakautuminen yksiköiden välillä	s.9
<b>Kuva 3.</b>	Virtaus tuotannossa	s.20
<b>Kuva 4.</b>	Imuohjaus	s.22
<b>Kuva 5.</b>	PDCA -työkalu	s.23
<b>Kuva 6.</b>	Kaizen	s.24
<b>Kuva 7.</b>	Kanban -imuohjaus	s.25
<b>Kuva 8.</b>	Moottorien kaasukoeajo ja viimeistely	s.29
<b>Kuva 9.</b>	Moottorista avatut laakerit esillä asiakkaalle	s.30
<b>Kuva 10.</b>	Materiaalien sijoittelu	s.36
<b>Kuva 11.</b>	Virtaus koeajosellistä kaasuviimeistelyyn	s.37
<b>Kuva 12.</b>	Virtaus asennuspaikalta maalauspaikalle	s.37
<b>Kuva 13.</b>	Virtaus maalauspuolelta lastaustilaan ja asiakkaalle	s.38
<b>Kuva 14.</b>	Muovien ja usein tarvittavien materiaalien uudet sijainnit	s.45
<b>Taulukko 1.</b>	Työvaiheet ja ajankohdat	s.33
<b>Taulukko 2.</b>	Lean viimeistelyssä	s.39
<b>Taulukko 3.</b>	Töiden uusi järjestys.	s.43

# **1 JOHDANTO**

## **1.1 Opinnäytetyön aihe**

Opinnäytetyön aiheena on prosessin kehittäminen Lean-periaatteiden mukaisesti Wärtsilä Oyj Abp:n Vaasan toimitusyksikön koeajo- ja viimeistelyosaston kaasumoottorien viimeistelyyn. Tavoitteena on lyhentää läpimenoaikaa mahdollisimman paljon poistamalla prosessista hukkaa. Teoreettisena viitekehyksenä on Lean-filosofia.

## **1.2 Tavoite**

Työn päätavoitteena on kehittää malli, jolla lyhentää läpimenoaikaa kaasumoottorien viimeistelyssä Lean -periaatteita hyödyntämällä. Nykyisellään viimeistelyn läpimenoaika on noin 2,5-3 päivää, jonka aikana viimeistelyn asentajat ja maalausyrityksen maalarit viimeistelevät moottorin.

## **1.3 Prosessin kehityksen vaiheet**

Aluksi selvitetään prosessin nykytila, josta voisi kehitellä uuden tavoitetilan kaasuviimeistelyn toiminnalle poistamalla hukkaa. Prosessinkartoitus tehdään tehtävästä työstä, informaationkulusta ja materiaalien virtauksista. Saatujen tietojen perustella kehitetään malli, jolla saataisiin lyhennettyä läpimenoaikaa.

Prosessinkartoitus tapahtuu videoimalla kaikki työvaiheet, joista saadaan selville kuljettu matka ja kulutettu aika. Kuljettu matka arvioidaan käyttämällä kaasuviimeistelyn hallin pohjakuvaa apuna. Tiedot taulukoidaan ja tutkitaan, mitkä työvaiheet ovat hukkaa. Lopuksi esitetään parannusehdotuksia läpimenoajan lyhentämiseksi.



## 2 WÄRTSILÄ

Wärtsilä on maailman johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen tarjoaja. Wärtsilän tarjontaan kuuluu meriteollisuuden ratkaisut, voimalaratkaisut ja huoltopalvelut tuotteen koko elinkaaren aikana. Wärtsilä työllistää Suomessa yli 3 600 henkilöä ja maailmanlaajuisesti n. 18 700 henkilöä.

### 2.1 Wärtsilä historia

Wärtsilän tarina alkoi vuonna 1834 Karjalan pienestä kylästä nimeltä Wärtsilä. Tuolloin kosken ääreen perustettiin pieni saha. Muutaman vuoden toiminnan jälkeen sahan osti teollistaja Nils Ludvig Arppe. Vuonna 1850 silloinen hallitus kannusti yrittäjiä perustamaan metallialan yrityksiä ja valimoita Suomeen, joten Wärtsilä muuttui valimoksi. Silloinen asiakaskunta oli hyvin riippuvainen Venäjän tapahtumista ja Venäjän vallankumous sai aikaan Wärtsilän romahtamisen. Wärtsilä oli suurissa taloudellisissa vaikeuksissa 1920-luvulla, jolloin Wärtsilän hallitus nimeää Wilhelm Wahlforsin toimitusjohtajaksi paremman tulevaisuuden toivossa. Uusi toimitusjohtaja toimi aiemmin toiminnan uudelleen järjestelyn specialistina. Wahlforsin maine kasvoi nopeasti onnistuneiden toimien ansiosta. Myöhemmin Wärtsilä perusti pohjoismaiden ensimmäisen galvanointilaitoksen Suomeen, jossa valmistettiin galvanoitua teräslankaa. Tämä laitos auttoi selkeästi parantamaan Wärtsilän kokonaiskannattavuutta. Wahlfors laajensi Wärtsilän toimintaa monialaiseksi hankkimalla useita telakoita ja konepajayrityksiä ympäri Suomea ennakoiden tulevaa sodanuhkaa. Kriisiaikana telakoita ja konepajayrityksiä oli mahdollista käyttää ammusten, paperikoneiden, lukkojen ja metallituotteiden valmistamiseen.

Toinen maailmansota loppui 1944 Suomen osalta rauhansopimukseen Venäjän kanssa, jolloin Wärtsilän kylä ja valimo jäi rajan taakse työntekijöineen. Karjalaiset työntekijät lähtivät evakkoon Suomeen ja joutuivat kodittomiksi, mutta heidät uudelleensijoitettiin ympäri Suomea Wärtsilän muihin yksiköihin.

Suomi tuomittiin maksamaan huomattavat sotakorvaukset Neuvostoliitolle ja Wärtsilästä tuli valmistajana suurin sotakorvaustuotteiden tavarantoimittaja.

Wärtsilä oli 1940-luvun lopussa Suomen suurin teollisuuden työllistäjä, työllistäen 11 000 ihmistä ympäri Suomen. Rannikoilla olevat tehtaat olivat erikoistuneet valmistamaan lisenssillä dieselmoottoreita ja myöhemmin Wärtsilä alkoi suunnitella ja valmistaa omaa dieselmoottoria. Wärtsilän ensimmäinen moottori käynnistettiin Vaasassa vuonna 1959. Toiminta laajeni 1970 –luvulle mentäessä siten, että yli puolet Wärtsilän toiminnasta oli dieselmoottoreiden ja laivojen rakentamista. Wärtsilä investoi diesel teknologian kehittämiseen ja keksi tavan käyttää halpaa raskaspolttoöljyä moottorien polttoaineena. Se oli merkittävä saavutus maailmanlaajuisesti.

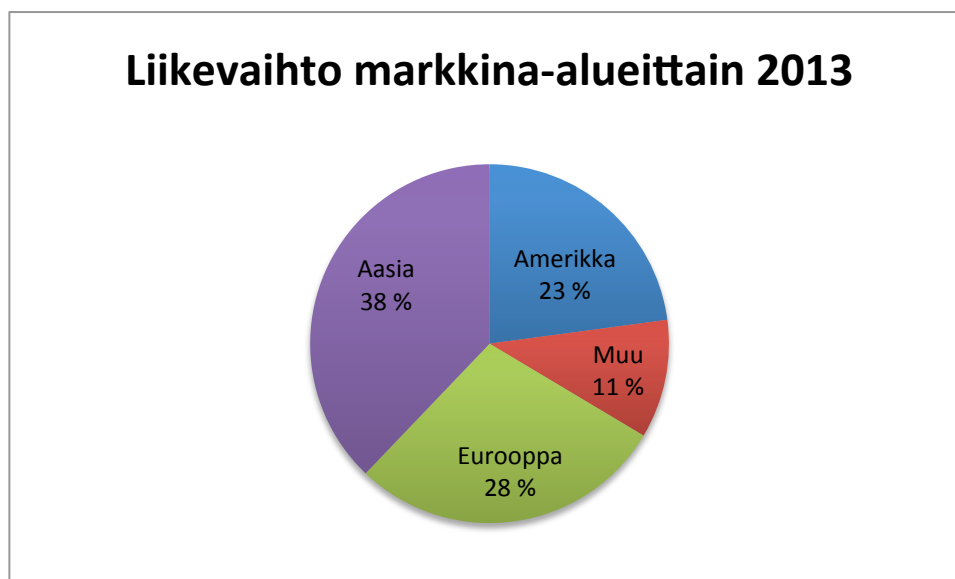
Vuonna 1997 Wärtsilä osti Sulzer diesel moottorivalmistajan muuttuen samalla maailman johtavaksi moottorin valmistajaksi Wärtsilä NSD:ksi. Sulzer diesel oli hidaskäyntisten moottorivalmistaja.

2000-luvun taitteessa Wärtsilä laajentui laivamoottoritoimittajasta laivojen kokonaisratkaisujen toimittajaksi ostamalla useita komponenttien valmistajia. Yrityssostojen jälkeen Wärtsilä pystyi toimittamaan koko konehuoneen tarpeet sekä tehonvälitysjärjestelmät. Lisäksi Wärtsilä oli laajentanut toimintaansa laivan suunnitteluun ja oli suurimpia laivansuunnittelutoimistoja. Tavoitteena oli päästä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa laivaprojekteihin mukaan. Toimintaa laajennettiin Kiinaan, kun laivateollisuuden painopiste siirtyi sinne suuren asiakaskunnan mukana.

Laivojen ja voimalaitosten huoltopalvelujen merkitys kasvoi ja oli merkittävä osa yrityksen toiminnasta. Wärtsilä keskittyi asiakkaan palvelemiseen ja sai solmittua pitkäaikaisia asiakassuhteita, jotka edesauttoivat toiminnan vakauttamista.

## 2.2 Nykypäivä

Nykyään Wärtsilä palvelee asiakkaitaan yli 200 toimipisteessä ja 70 maassa. Wärtsilä on johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja. Wärtsilän liikevaihto oli viime vuonna 4,7 miljardia euroa ja henkilöstömäärä oli 18 700. Wärtsilän osakkeet ovat listattu NASDAQ OMX Helsingissä. Wärtsilän päämarkkina-alueet sijaitsee Aasiassa, Amerikassa ja Euroopassa. **(Kuva 1.)**

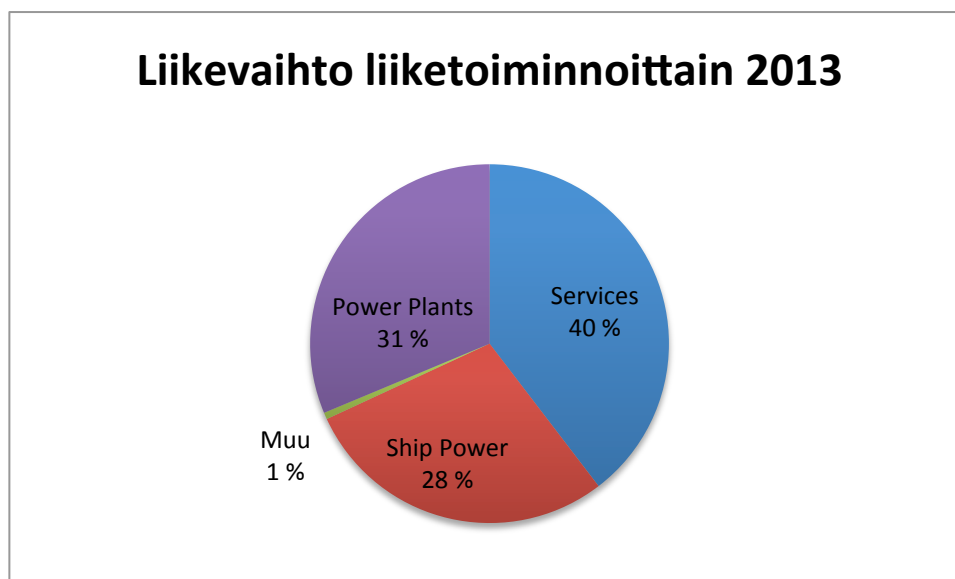


**Kuva 1.** Liikevaihto markkina-alueittain

Liikevaihto on painottunut liiketoiminnoittain suurimmalta osalta huollon toimintaan 39,8 % osuudella. **(Kuva 2.)** Huollon toimintoja on mm. toimitettujen järjestelmien ylläpito sen koko elinkaaren ajan ja moottorien modernisointeja muiden huoltotoimintojen lomassa.

Toiseksi suurimpana on Power Plants 31,3 % osuudella. Power Plants toimittaa kaikki perustarvikkeiden toimittamisesta kokonaisvaltaiseen suunnitteluun, hankinnoista rakentamisratkaisuihin, varaosatoimituksista kokonaisten voimalaratkaisujen käyttämiseen ja huoltosopimuksiin.

Ship Powerin osuus liikevaihdosta on 28,5 %. He tarjoavat tehokkaita, taloudellisia ja ympäristömyönteisiä integroituja järjestelmiä asiakkaiden tarpeiden mukaisesti. Tarjontaa on kauppa-aluksille, öljynpora-autoille, risteilyaluksille, laivastolle ja erikoisaluksille kuten tutkimusaluksille.



**Kuva 2.** Liikevaihdon jakautuminen yksiköiden välillä

### 2.2.1 Moottorityypit

Wärtsilän itse valmistamat moottorityypit ovat kaikki nelitahtisia moottoreita. Isommat moottorit, jotka ovat kaksitahtisia valmistetaan lisenssillä. Wärtsilä valmistaa tällä hetkellä kolmella eri toimintaperiaatteella toimivia moottoreita:

1. kipinäsytytysmoottorit
2. kaksoispolttoainemoottorit
3. dieselmoottorit.

Moottorien sylinterimäärä ja halkaisija vaihtelee moottorityypeittäin. Pienempiä malleja on useita erilaisia, kun taas suuria moottoreita on vain muutamia eri malleja. Sylinterihalkaisijat vaihtelevat 16 senttimetristä 96 senttimetriin. Wärtsilä valmistaa itse keskinopeita moottoreita 50 senttimetrin sylinterihalkaisijaan asti. Suuremmat moottorit ovat lisenssivalmisteisia.

### 2.3 Vaasan toimitusyksikkö

Vaasan toimitusyksikkö (DCV) työllistää noin 3000 henkilöä eri liiketoimintayksiköissä. DCV vastaa Ship Power ja Power Plants yksiköiden myymien nelitahti-

moottorien toimituksista. Moottoreita on saatavilla diesel-, kaasu- ja kaasudiesel polttoaineella. Moottorikokoja on kolme:

- Wärtsilä 20
- Wärtsilä 32
- Wärtsilä 34

Numero moottorimallin perässä tarkoittaa sylinterihalkaisijaa senttimetreinä. Esimerkiksi Wärtsilä 20 tarkoittaa moottorin sylinterihalkaisijan olevan 20 senttimetriä.

## **2.4 Koeajo- ja viimeistelyosasto**

Koeajo- ja viimeistelyosaston tehtävänä on suorittaa moottorien suorituskyvyn testaus eli tehtaan hyväksyntätestiajo (FAT) luokituslaitoksen sekä myyvän organisaation edustajan ollessa läsnä. Projektista riippuen paikalla voi olla myös asiakas. Koeajon jälkeen moottorista esitellään kolmea eri laakeria, jotka luokka ja asiakas käyvät tarkastamassa. Moottori kootaan ja koeajon jälkeen asennettavat osat asennetaan moottoriin. Moottori suojataan ruosteelta suojarasvaamalla ja maalaamalla. Tämän jälkeen moottori suojataan pressulla ja lähetetään asiakkaalle.

### 3 LEAN

Lean on johtamisjärjestelmä, jossa toimintoja hoidetaan prosessimaisesti. Yrityksen visiota, arvoja ja tavoitteita pyritään toteuttamaan koko yrityksen lävitse jokaisella toiminolla. Prosessi kerrallaan toiminta on tehty täyttämään laatutavoitteet siten, että lopputuote on asiakkaan toiveen mukainen. Asiakkaan tarpeet tyydytetään ja jopa ylitetään, jolloin laatumaine kasvaa. Lean -johtamistavassa keskitytään enemmän siihen mitä asiakas haluaa ja mistä asiakas on valmis maksamaan. Nykypäivän hintatietoinen asiakas ei halua maksaa tehottoman organisaation ylimääräisiä kuluja. Lean –filosofian toimintaedellytys on täydellisen laadun tavoittelemine.

Lean on yleisimmillään periksiantamatonta pyrkimystä eliminoida hukkaa koko toimitusketjussa, alihankkijoista loppuasiakkaaseen, toimintojen sisältä ja niiden välisten, ylimääräisten kustannusten poistamista. Teollisuudessa on helpommin ymmärrettävissä Lean -johtamistapa, kun kyseessä on tuotteen valmistus selkeine arvovirtauksineen. Samaa menettelyä voi käyttää missä tahansa organisaatiossa. Kun toimitusketjussa pyritään poistamaan hukkaa, toimii yritys Lean-periaatteilla.

/1/

Lean järjestelmän ytimenä on viisi periaatetta:

1. määritä arvo sellaisena kuin lopullinen asiakas sen näkee
2. määritä arvovirtaus, mikä luo ja toimittaa arvon tuotteeseen tai toimintoon
3. tee töitä varmistaaksesi informaatio-, materiaali- ja tuotanto virtaus asiakkaalle
4. vastaa kysyntään vasta kun on selvät merkit vastata niihin
5. pyri jatkuvasti täydellisyyteen.

Tuotteen arvo koostuu arvovirtauksista. Virtaus koostuu materiaaleista, mahdollisista saatavista maksuista, informaatiosta, omistusten virtauksista, kulkuneuvo-, väline- ja henkilöstövirtauksesta. Virtauksen keskeytyminen millä tahansa virtauksen osa-alueella voi aiheuttaa hukkaa. Kun arvonalisäysvirta tuotteeseen pysähtyy, käytännössä tekeminenkin loppuu. On kuitenkin muistettava, että jokaisella

organisaatiolla on jonkinlaista virtausta. Jos virtaus keskeytyy usein, saako asiakas lisäarvoa haluamalleen palvelulle tai tuotteelle hukkaan menevänä aikana? Pienet pysähdykset läpi organisaation ja koko toimitusketjun lisäävät läpimenoaika. /1/

### 3.1 Historia

Alunperin Lean-johtamisen on kehittänyt Toyota pyrkiessään keventämään kulujaan ja takaamaan tasaisen laadun.

Perinteisessä tuotantomallissa toimittiin keskimääräisten ennusteiden mukaan. Ennusteiden mukainen työntövalmistus, kun kysyntä ylittää tarjonnan tai vähän kilpailtu ala. Lisäksi oli hyvä olla varsin vakaat markkinat ilman suuria mullistuksia kuluttajien toimintaan ja talouteen. Yrityksiä on mennyt konkurssiin, kun olivat luottaneet tilanteen pysyvän kuluttajien tarpeiden ja arvojen osalta samanlaisena. /1/

Lean-valmistus ja sen johtamismenetelmä on lähtöisin Japanista toisen maailmansodan aikoihin perustetulta Toyotalta. Laatu guru W. E. Deming kävi 1950 – luvulla Japanissa antamassa perehdytystä laatuoppeihin. Toyota lähetti oman päätuotantoinsinöörinsä Taichi Ohnon USA:han opiskelemaan massatuotantolaitosten toimintaa, kuten autotehtaita ja muita suurteollisia laitoksia. Matkansa aikana hän tutustui myös supermarkettien toimintaan, kuinka asiakkaat saavat sitä mitä haluavat juuri oikeaan aikaan toimitettuna kaappoihin. Parhaat ideat materiaalien toimitukseen tulivat kauppojen toiminnasta, jota myöhemmin aloitettiin kutsuamaan Kanban-tavaranohjauksena. Opiskelumatkan oppien avulla Toyota kehitti oman tuotantojärjestelmän; Toyota Production System (TPS), joka toimii lähtökohtana tämän päivän Lean –valmistukselle. Vaikka Toyota onkin esikuvana valmistukselle, niin Henry Ford kehitti jo aiemmin tehokkaan tavan valmistaa autoja, linjamaisen tuotannon. /2/

Valmistuksessa käytettiin hyväksi prosessin vaiheisiin soveltuvia, erityistarpeisiin tehtyjä laitteita ja valmistettujen osien testausvälineitä. Työkaluilla pystyi valmistamaan ja kokoonpanemaan komponentit muutamassa minuutissa sekä hylkää-

mään tähän sopimattomat komponentit. Tällä menetelmällä oli suuri merkitys aikaisempaan USA:n tapaan valmistaa tuotteita, jolloin yleiskäyttöisillä koneilla tehtiin prosessin tarvitsemat osat. Komponentit tarvitsivat paljon sovitusta tuotteiden osakokoonpanossa ja kokoonpanossa. Fordin kehittämä järjestelmä toimi siksi, koska tuotannossa valmistettiin autot yhden mallin mukaisesti. Fordin T-malli tuli yhdellä värillä. Jos halusit jotain lisämaustetta korimalliin, ulkopuoliset tavaramerkitoimittajat lisäsivät halutut koristeet linjan päässä. Fordin omat yksittäiset osat olivat aina samanlaisia ilman mahdollisuutta vaihtaa toisenlaiseen osaan. /3/

Asiakkaat alkoivat haluta muita vaihtoehtoja kuin Fordin 19 vuotta samanlaisena pysynyttä T-mallia. Muut autovalmistajat olivat vastanneet asiakaskunnan tarpeisiin tekemällä useita eri malleja, mutta samalla lisäsivät tuotannon läpimenoaikoja. Valmistajat pyrkivät alentamaan yksittäisen osan valmistuskustannuksia valmistamalla suuria eriä ja käyttämällä isoja koneita. Koneet tuottivat paljon osia ylitarpeen, joka johti suuriin varastomääriin ja lisäsi viiveitä. Toyotan ase tähän oli oma tuotantojärjestelmä; TPS, jossa keskityttiin hukan poistamiseen perusteellisesti japanilaisella asenteella, täydellisyyttä tavoitellen. /3/

### 3.2 Hukka

Hukka, eli japaninkielellä *muda*, käsittää kaikki sellaiset toiminnot, joista asiakas ei ole valmis maksamaan. Erityisesti ihmisten toimet ovat sellaisia, jotka syövät resursseja lisäämättä tuotteen arvoa. Hukkaa esiintyy kaikkialla organisaatioissa. Vastakohtaisesti arvoa lisääviä toimia ovat ne, joista asiakas olisi valmis maksamaan, arvoa lisääviä toimia. /5/

Erilaisia hukan muotoja ovat

1. ylituotanto
2. odottelu
3. kuljetukset
4. ylimääräinen työ
5. varastot
6. liike



7. viallisten osien valmistus
8. tiedonvälityksen katkeaminen

### 3.2.1 Ylituotanto

Ylituotannossa valmistetaan valmiita tuotteita tai tarjotaan palveluja yli kysynnän. Valmistautuminen suureen kysyntään suurilla valmistuserillä ilman varmaa tietoa myynnistä on uhkarohkeaa, ja kun asiakasta ei välttämättä ole, valmistus sitoo resursseja turhaan. Tämä voi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia esim. tuotteiden valmistuksessa. Valmistuksessa tulee kustannuksia työstä, materiaaleista, kuljetuksista, varastoinnista ja laitteistoista. Suureen valmistuserään voidaan päätyä, kun pyritään optimoimaan tuotteen kustannuksia. Toisenlainen tapaus voisi olla tilanne, jossa tuotannossa on työntöohjaus. Prosessissa eri vaiheet tekevät sen mitä ehtivät välittämättä miten edellisellä ja seuraavalla vaiheella työ edistyy. Tilanne voi olla sellainen, että oma vaihe tuottaa keskeneräisiä kappaleita reilusti yli tarpeen odottamaan seuraavan vaiheen imua.

Palvelun tarjonnassa ylimääräinen tarjonta voi ilmetä siten, että esimerkiksi asiakaspalvelun palvelijoita on yli tarpeen odottelemassa yhteydenottoja.

Ylituotantoa voi vähentää muuttamalla tuotantoa asiakkaan tarpeeseen perustuvaan tuotantoon. /4/

### 3.2.2 Odottelu

Odottelu ilmenee prosessin laitteiden tyhjäkäyntinä ja henkilöstöllä henkilöstön seisoskeluna työpisteen vieressä. Odottelu voi johtua välttämättömistä, mutta ei-arvoa lisäävistä toimista, kuten esimerkiksi tarkastuksista. Odottelu on suurin vaikuttaja toimitusaikaan. Toimitusajalla tarkoitetaan kuluvaa aikaa asiakkaan tilauksesta palvelun tai tuotteen luovutukseen asiakkaalle. Odottelua voi vähentää taasaamalla prosessien vaiheita ja järjestelemällä työtä uudelleen. /4/

### 3.2.3 Kuljetukset

Kuljetusten hukkaa ovat kaikki kuljetukset, jotka eivät tuo materiaaleja tehtaalle

tai vie lopputuotetta asiakkaalle. Kuljetuksia voi ilmetä materiaalien sisäisinä kuljetuksina eri osastojen välillä huonon layout suunnittelun takia. Hukkaa voi ilmetä myös toimitusaikataulun venymisenä, korkeina kuljetuskustannuksina ja kuljetusvaurioina. Kuljetuskustannuksia saadaan laskettua hankkimalla tavarantoimitajat läheltä omaa tehdasta tai parhaimmillaan ottaen tavarantoimittajat samalle tehdasalueelle. /4/

Kuljetusten hukka on yhteydessä ylituotantoon, kun yli tarpeen valmistetut tulee siirtää pois tuotantotiloista, ellei niille ole varattu tilaa tehdasalueelta.

### **3.2.4 Yliprosessointi**

Yliprosessointi tarkoittaa ylimääräistä työtä, jota ei tarvitsisi tehdä asiakkaan vaatimusten täyttämiseksi. Ylimääräinen työ voi ilmetä tuotteen ylimääräisinä tarkastuksina tai materiaalien prosessointina pienemmillä toleransseilla. Tällaista voidaan kutsua liialliseksi laadunvarmistukseksi. /4/

### **3.2.5 Varasto**

Varaston hukka koostuu keskeneräisistä tuotteista, tarpeettomista raaka-aineista, osista ja valmiista tuotteista. Varaston määrä lisääntyy, kun tuotanto ei vastaa kysyntää. Tuotteita jää varastoon sitomaan pääomaa. Varaston määrä on kytköksissä odotteluun ja ylituotantoon.

Kaikki varasto ei ole kuitenkaan hukkaa. Tuotannossa tarvitaan pieniä puskurivarastoja jouhevan toiminnan varmistamiseen tuotannon muuttuvan kuorman mukaan, kun varmistetaan nopeaa toimitusaikaa. Mitä nopeammin tuote saadaan toimitettua, sitä nopeammin asiakas maksaa tuotteen. /4/

### **3.2.6 Liike**

Liikkumisen hukka korostuu linjatyöskentelyssä pienillä vaiheajoilla. Esimerkiksi voi olla, että työergonomiaan ei ole kiinnitetty riittävästi huomioita. Työkalut ja materiaalit voivat olla ripoteltuna pitkin verstasta aiheuttaen turhia työkalujen ja materiaalien hakuja. Turhaa liikkumista voi tulla silloinkin, kun materiaalit lop-

puvat tarvepisteeltä, jolloin niitä joudutaan hakemaan jostain muualta tehdasalueelta.

Hyvin suunniteltu työpiste, ergonominen työpiste, kaikkine tarvittavineen työkaluineen ja materiaaleineen vähentää hukkaan menevää aikaa. Hyvällä työergonomialla voidaan myös välttää mahdolliset rasitusvammat sekä voidaan ehkäistä tuottavuuden, laadun ja turvallisuuden heikentymistä. /4/

### **3.2.7 Vialliset tuotteet**

Viallinen tuote aiheuttaa lisää kustannuksia, oli kyse sitten huonosta laadusta, huonoista ohjeista tai standardoimattomasta työstä. Materiaalien työstämisessä koneiden huono kunnossapito johtaa lopulta vikojen määrälliseen kasvuun. Viallinen tuote tai palvelu voi aiheutua myös suunnittelussa, kun ei ymmärretä mitä asiakas haluaa tai tuotteelle/palvelulle ei ole todellista kysyntää. Se, että kehitetään monimutkainen tuote tai palvelu, ei automaattisesti tarkoita sen olevan asiakkaan arvostama tai omaavan ominaisuuksia, mistä asiakas suostuisi maksamaan. /4/

### **3.2.8 Tiedonkulun pysähtyminen**

Tiedonkulun pysähtyminen tapahtuu, kun johdon ja työntekijöiden välinen kommunikaatio, yrityksen ja tavarantoimittajan tai organisaation ja asiakkaanvälinen yhteydenpito katkeaa. Tiedon välittymisen heikkeneminen vaikeuttaa toiminnan jatkuvaa parantamista, kun tieto ei siirry osapuolelta toiselle. Hiljainen tieto jää hyödyntämättä ja mahdolliset merkittävätkin kehitysehdotukset voivat jäädä tekemättä. Hukan vähentämiseksi tulisi ensinnäkin ymmärtää asiakkaan käsitys arvosta, tunnistaa hukka ja ymmärtää mistä se tulee käyttäen Lean -työkaluja ja tekniikoita. /4/

## **3.3 Arvonmääritys**

Tuotteen tai palvelun arvon määrittää loppuasiakas, jolloin se tai ne vastaavat asiakkaan tarpeita hinnaltaan ja saatavuudeltaan. Tuotteen- tai palvelun arvon tuottaa

valmistaja tai palvelun tarjoaja, mutta on tärkeää, että tuottajat miettivät mitä suurin asiakaskunta haluaa. /5/

Lean -organisaatioissa aloitetaan tuotteenmäärittelyn jälkeen arvonmäärittäminen tavoitekustannuslaskennalla, sisältäen resurssien käytön, tarvittavien ponnisteluja määrän ja valmiudet tuotteen tai palvelun tuottamiseksi. Tämä tehdään ajatellen, että kaikki näkyvä hukka on poistettu prosesseista, jolloin prosesseista on pakko poistaa hukkatoinnot. /5/

Perinteiset yritykset miettivät tuotteen myyntihintaa arvioimalla, millä myynti vielä onnistuisi ja tästä takaperoisesti suunnittelemalla kuinka korkeat kustannukset saavat olla riittävän tuoton varmistamiseksi. Lean -tapa eroaa sillä, että Lean – yritykset tutkivat paljonko perinteisen yrityksen tuotteet maksavat, mitä ominaisuuksia on tarjolla ja paljonko on sisällytetty hukkaa tuotteen hintaan. /5/

Tavoite on tehdä pienemmillä kustannuksilla parempia tuotteita kuin kilpailijalla ja vapauttaen resursseja suurempaan tuotantovolyymiin. Tuotteeseen lisätään uusia ominaisuuksia tai valmiuksia, jotka lisäävät myyntiä. Tuotteeseen lisätään palveluja, jotka lisäävät työpaikkoja, laajennetaan jakelua ja huoltoverkostoa lisäten edelleen myyntiä sekä kehitetään uusia tuotteita voitoilla. Investointi kehittämiseen lisää myyntiä pitkällä aikavälillä. /5/

### 3.4 Arvovirta

Arvovirtaus sisältää kaikki tarvittavat toiminnot suunnitteluun, tilauksiin ja tuotteen valmistamiseen. Kaikki vaiheet tuotteen tai palvelun tuottamiseen kuuluvat johonkin kolmesta kategoriasta:

1. arvoa lisäävä tarkoittaa toimia, jotka muuntavat tuotetta lähemmäksi valmista tuotetta
2. ei arvoa lisäävä, mutta on pakollinen toiminta voi olla esimerkiksi laadunvarmistus vaihe valmistuksessa
3. ei arvoa lisäävä ja ei pakollinen toiminta on hukkaa. [ks. Hukka](#)

Arvovirtaa käytetään työkaluna Lean -yrityksissä kokonaiskuvan selvittämisessä. Arvovirtakuvauksessa selvitetään toimintojen informaation ja materiaalien virtauksen tämänhetkinen tila, jonka avulla visioidaan tulevaisuuden arvovirtaus. Arvovirtaus on laajimmillaan ketju tuotteen valmistukseen tarvittavasta raaka-aineen louhinnasta loppuasiakkaalle toimitettavaan tuotteeseen. /5/

### 3.5 Virtaus

Virtaus, eli *flow*, tuotannossa on työn, materiaalien ja informaation kulkua ilman ylimääräisiä pysähdyksiä. Hyvin virtaava tuotanto antaa työntekijöille hyvät olosuhteet psykologisen *flow* -tilan saavuttamiselle. *Flow* -tilassa ihminen uppoutuu siihen mitä tekee ja kokee sen palkitsevana. Sama tapahtuu työtehtävissä, jos ne haastavat riittävästi työntekijää. Kun pitää työstään, työteho on parempi ja mieleen tulee helpommin miten olisi parempi tehdä kyseiset työt ilman, että virtaus pysähtyy. Flow -tila häviää, jos esiintyy jatkuvia keskeytyksiä. /5/

Virtaus toimii samoin prosessissa. Tuotanto virtaa hyvin, kun materiaali- informaatio ja työ virtaus on jatkuvaa ilman työtä häiritseviä pysähdyksiä.

Virtauksen pystyy saavuttamaan kolmivaiheisella tekniikalla:

1. keskitytään siihen, mitä tuotteelle tapahtuu matkalla suunnittelusta asiakkaalle
2. unohdetaan perinteiset rajapyykit töiden, työurien, toimintojen ja yritysten välillä muodostaen koko toimitusketjusta yksi Lean periaatteilla toimiva yritys
3. kolmannessa vaiheessa mietitään työmenetelmiä ja työkaluja, miten saataisiin poistettua hidasteet, jolloin suunnittelu, osto ja tuotanto voisi toimia esteettä ilman viivästyksiä. /5/

#### 3.5.1 Suunnittelun virtaus

Suunnittelussa Lean-tapa on muodostaa tiimit eri osaamisilla. Tiimit koostuvat henkilöistä, joilla on vahva osaaminen arvonmäärityksessä, karkeassa suunnittelussa, yksityiskohtaisessa suunnittelussa, ostossa, työkalujen ja koneistuksen tar-

peen sekä tuotannon suunnittelussa. Tiimin laajalla osaamisella on mahdollista tehdä nopeasti tarvittavat päätökset Quality Function Deployment (QFD) menetelmällä. QFD-menetelmän avulla voi standardisoida suunnittelun kulun, jota käytetään suunnittelussa. Kun jokainen tiimi käyttää kehitettyä lähestymistapaa, pystytään mittaamaan suunnittelun läpimenoaikaa sekä kehittämään suunnittelun menetelmiä. /5/

QFD on työkalu suunnitteluprosessiin, jolla ohjataan tuotteen suunnittelua, valmistusta ja markkinointia. Prosessilla määritetään, mikä tyydyttää asiakasta. Vaatimukset vieritetään tuotannon suunnitteluun, tuotteen suunnitteluun, prosessin suunnitteluun ja prosessin ohjaukseen. Näistä osa-alueista koostuva tiimi suunnittelee miten saadaan valmis tuote sellaisena kuin asiakas haluaa. /6/

### **3.5.2 Informaation virtaus tilauksesta tuotantoon**

Myynnin ja tuotannon suunnittelun hyvä informaation kulku on avainasemassa toimitusten oikea-aikaisuuteen. Se edellyttää hyvin ennakoitavissa olevaa tuotantoprosessin läpimenoaikaa. Olennaisena osana on tahtiaika, joka on prosessin jokaisessa vaiheessa määritelty tuotantovaiheen kesto. Tahtiajalla tasapainotetaan valmistettavien erivaiheiden oikea-aikaisuus sen hetkisen tarpeen mukaisesti. /5/

### **3.5.3 Virtaus tuotannossa**

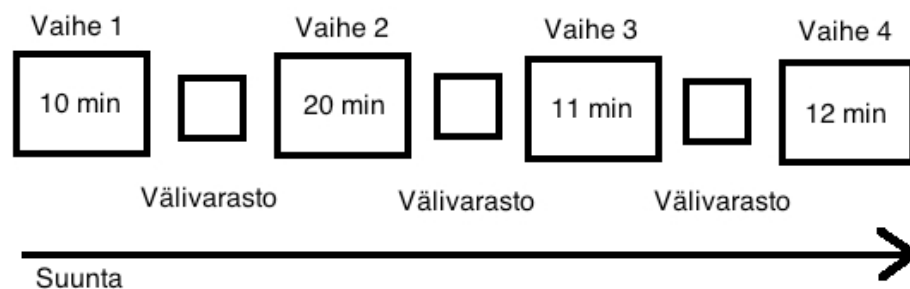
Tuotannonvirtaus on valmistettavan tuotteen esteetöntä etenemistä valmistuksen alusta loppuun saakka. Valmistuksen tarvitsema riittävä informaatio etenee esteetöntä oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. Tähän liittyy myös materiaalien esteetön oikea-aikainen kulku valmistajalta tuotantoon. Kun materiaali saapuu tarvepisteelle, tarvehetkellä, ei synny ylimääräisiä varastoja. /5/

**Kuvassa 3.** on neljä tuotannon vaihetta, jossa laatikoiden sisällä prosessin tahtiajat:

- vaihe 1 tuottaa yhden osan kymmenen minuutin välein ja vaiheesta työstetty osa siirtyy odottamaan välivarastoon pääsyä vaiheeseen 2.

- vaihe 2 sykliajan ollessa 20 minuuttia, välivarastoon kertyy edellisen vaiheen jälkeen yksi ylimääräinen osa jokaisen vaiheen 2 prosessoimaa osaa kohden.
- vaiheessa 3 sykli aika on 11 minuuttia, joten välivarastoa ei synny.
- vaiheen 4 sykli aika on 12 minuuttia ja on lähellä vaiheen 3 sykli aikaa, välivarastoa syntyy kymmenessä syklissä yksi ylimääräinen osa.

Vaiheen 2 ollessa kestoiltaan kaksinkertainen muihin vaiheisiin verrattuna, vaiheet 3 ja 4 ei kerää välivarastoa. Aiheutuu odottelua. Tahtiaika on pisimmän sykliajan mukainen eli tässä tapauksessa 20 minuuttia. Muut vaiheet sopeuttavat tekemisenä vaiheen 2 kanssa.



**Kuva 3.** Virtaus tuotannossa

### 3.6 Työntö ja imuohjaus

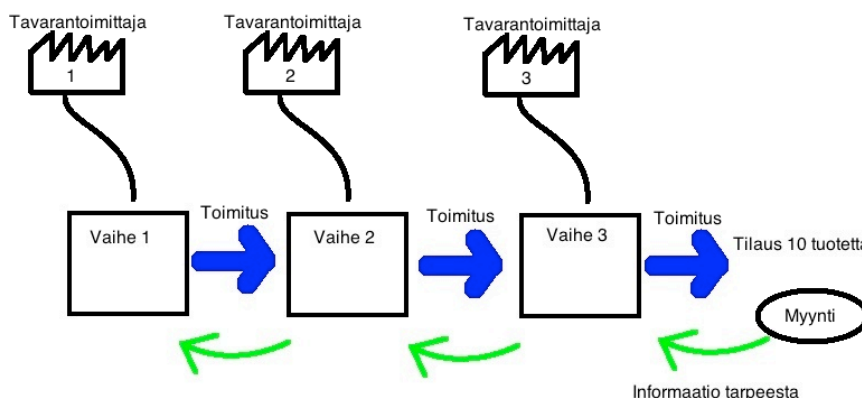
Jokaisessa organisaatiossa on jokin toiminnan käynnistävä impulssi. Työntöohjauksessa tuotteita tehdään välittämättä seuraavan vaiheen nopeudesta jalostaa tuotetta eteenpäin. Työntömallilla puolivalmisteita kerääntyy seuraavalle vaiheelle herkästi varastoon ja voi pahimmillaan mennä täysin hukkaan. Jos saman tuotteen tilaukset loppuvat tai tulee piirustusmuutoksia, tuote ei ole enää vaatimusten mukainen ja syntyy hukkaa. Tämä on seurausta työntöohjauksellisesta valmistuksesta, jos loppuasiakasta ei ole vielä tiedossa tai asiakkaan todellista tarvetta ei tunneta. Suuret välivarastot ovat hukkaa. Varastot sitovat rahaa muusta toiminnasta ja jos toiminta on läpi koko toimitusketjun samanlaista, lisäkustannusten määrä voi olla huomattava. /1/

Työntöohjauksessa toimitaan keskimääräisten ennusteiden mukaan ja tämä on toiminutkin silloin, kun kysyntä ylittää tarjonnan tai kyseessä on vähän kilpailtu ala. Lisäksi olisi hyvä olla vakaat markkinat ilman suuria mullistuksia kuluttajien toimintaan ja talouteen. /1/

Lean -tuotanto toimii imuohjauksella ja voi olla myös osittain työntöohjauksella toimiva, riippuen sovellettavasta paikasta. Jokaiseen tilanteeseen ei sovi imuohjaus. Imuohjauksessa tavarantoimitus tapahtuu niin sanotusti puroa ylöspäin. Tämän vaiheen tarveimpulssi lähtee sitä edeltävälle vaiheelle, mitä materiaaleja, tietoa tai resursseja tarvitaan milloinkin. Tällä tavoin vyörytetään läpi koko tavarantoimituksen toteutuksen, tuottamalla juuri oikeaan tarpeeseen tuotetta. Tälle käytetään yleisemmin nimeä JOT (en. JIT, Just In Time). /7/

### 3.6.1 Juuri oikeaan tarpeeseen (JOT)

Juuri oikeaan tarpeeseen on Leanin keskeisiä työkaluja. **Kuvassa 4.** on esitetty tilanne, jossa JOT esitetty käytännössä. Valmistaja saa tilauksen kymmenestä tuotteesta. Tilauksesta tulee tietoa milloin tuotteet tulisi olla valmiita ja kuinka monta tuotetta. Vaihe kolme aikatauluttaa oman työnsä ja kertoo tarpeestaan tavarantoimittajalle sekä edelliselle vaiheelle, kuinka monta osaa tarvitaan ja koska pitäisi sen olla saatavilla. Saman tekee vaihe kaksi ja vaihe yksi. Ihanteellisessa tilanteessa valmistus on täysin synkronoitu tuote tuotteelta oikea-aikaiseksi. Juuri kun vaiheessa kaksi tulee tarve osalle, tavarantoimittaja on ennakoanut tilanteen ja toimittanut sen valmiiksi juuri silloin, kun osaa tarvitaan. /7/



**Kuva 4.** Imuohjaus



### 3.6.2 Jatkuva parantaminen

Jatkuvan parantamiseen on kehitetty monta erityökalua, kuten Demingin laatuympyrä (PDCA) ja Kaizen. PDCA on Demingin kehittämä työkalu laadunparantamiseksi, joka koostuu neljästä osasta (**kuva 5.**). Suunnitteluosassa suunnitellaan miten tehdään tulevaisuudessa, mihin tähdätään. Kokeiluosassa tehdään suunnitelman mukaisesti. Tarkastuksessa tarkastetaan mihin päästiin suunnitelmanmukaisella tekemisellä. Tarkastuksen perusteella toimitaan tilanteen parantamiseksi. Uusi kierros lähtee liikkeelle. /6/

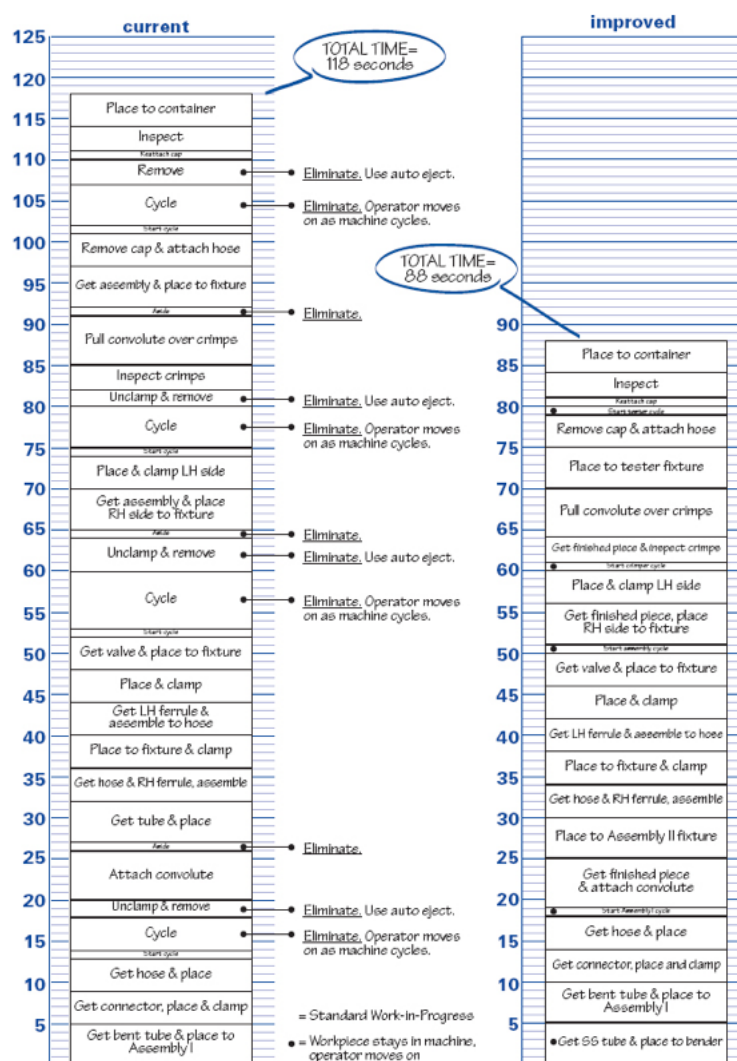


**Kuva 5.** PDCA-työkalu

Toinen työkalu jatkuvaan parantamiseen on Kaizen-menetelmä. Kaizen-työkalulla kehitettäessä prosessia, pyritään poistamaan hukkaa jättämällä kartoituksesta pois kaikki virtausta estävät toiminnot. Menetelmässä kartoitetaan tehtävä työ ja paljonko kuluu aikaa varsinaisen työn tekemiseen. Kartoituksessa jätetään pois kaikki ylimääräinen liikkuminen, materiaalien siirtely ja sykliin kuulumattomat työt, kuten varastojen täyttö ja siivoaminen. Työksi ei lasketa myöskään koneen syklin loppumisen odottelua. Nämä hukat poistetaan silloin kun se on mahdollista. Jokainen työvaihe mitataan erikseen, koska jos otettaisiin aikaa koko työskentelyn ajan se sisältäisi myös hukkaa. Tämä ajanotto suoritetaan useita kertoja, jotta saadaan yleisin lyhin kesto määriteltä. Ajanotto tapahtuu työpisteellä valvovan silmän alla. Tulosten avulla työtä järjestellään uudelleen siten, että saadaan poistet-

tua hukkaa mahdollisimman paljon parantamalla työkaluja ja automatisoimalla mahdollisuuksien mukaan. /7/

Taulukon avulla nähdään mitä ylimääräistä työtä tulee tehtyä ja poistetaan suoraan kaikki odottelu muuttamalla työjärjestelyjä, pitäen mielessä ”kone voi odottaa hetken, ei työntekijä”. (Esimerkissä on materiaalintyöstökone) **(Kuva 6.)** Työntekijän odottelu pysäyttää virtauksen, joten odottelu tulee poistaa. Koneen saadessa valmiiksi työvaiheen kappaleen pois ottaminen katsotaan myös ylimääräiseksi työksi, koska se ei tuota lisää arvoa kappaleelle.



**Kuva 6.** Kaizen /7/

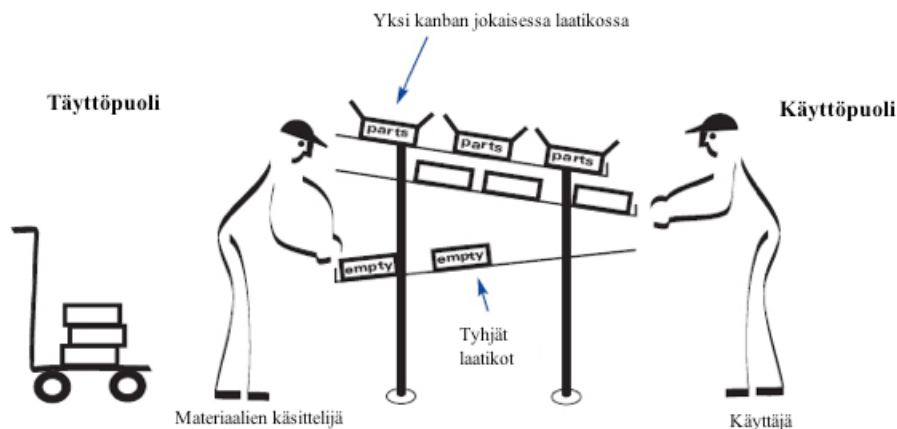
Kaizen -kehitys voi kestää pitkään, mutta on myös mahdollista tehdä prosessin kehitystä viisi päivää kestävässä tapahtumassa. Viiden päivän aikana suoritetaan:

- koulutusta ja prosessin läpikäyntiä
- juurisyy –analyysin teko ja luodaan tulevaisuuden tila
- parannetaan prosessia

Tapahtuman jälkeen prosessia ylläpidetään ja seurataan sekä raportoidaan sen toimivuudesta. /9/

### 3.6.3 Kanban

Kanban on tuotannon imuohjaustapa, jossa tarvikkeiden tilaus toimii kanban-korttien tai laatikkojen avulla. Tilaus tapahtuu visuaalisesti tyhjälaatikko menettelystä, joka osoittaa asiakkaan tarpeen. Käytännössä tyhjat laatikot voidaan asettaa ylösalaisin osoituksena laatikon täyttötarpeesta. Yksi tapa on liu'uttaa tyhjat laatikot materiaalinkäsittelijälle. **(Kuva 7.)** /7/



**Kuva 7.** Kanban imuohjaus /7/

### 3.6.4 5S

Yksi työkaluista parantaa toiminnan tehokkuutta on 5S. Tällä pyritään saamaan työympäristö hyvään järjestykseen, jossa ei tarvitse etsiä mitään, vaan kaikelle on

osoitettu omat paikat. Ylimääräiset työvälineet siirretään työpisteen välittömästi läheisyydestä sivuun. /7/

5S koostuu viidestä japaninkielisestä sanasta:

1. lajittelu (Seiri) , jossa mitään mitä ei tarvita, hävitetään. Esimerkiksi vanhat työkalut ja materiaalit
2. järjestys (Seiton), jossa jäljelle jääneet välineet ja tarvikkeet ovat siellä missä niitä tarvitaan ja paikat merkittynä. Työpiste yksinkertaistetaan
3. siisteys (Seisi), jossa muutetaan rutiinit ja työpisteet siten, että siivous on mahdollisimman vaivatonta. Jokaisen työpäivän päätteeksi työpiste siivotaan ja palautetaan työkalut paikalleen
4. standardisointi (Seiketsu), jolla pyritään ylläpitämään tehokasta työskentelyä muodostamalla vakio työmenetelmät ja työpisteet. Jokaisella työpisteellä on samanlainen järjestys, jotta jokainen tietää mitä olisi missäkin paikassa
5. ylläpito (Shitsuke) eli visuaalinen seuranta, jolla tehdään vaikeaksi tehdä asiat väärin. Lisäksi tulisi pyrkiä parantamaan ja uusimaan tapoja ja järjestystä.

### 3.7 Täydellisyiden tavoittelu

Lean -kehitystoiminta ei lopu koskaan. Pikemminkin pyritään parantamaan toimintaa jatkuvasti pienin askelin. Yrityksen siirtyessä kokonaan Lean -tuotantoon nopealla aikataululla, on mahdollista, että lopputulos on tuotantojärjestelmän sortuminen. Lean vaatii siis vaiheittaisen käyttöönottamisen. /5/

Tyytyväisyys yrityksen tämänhetkiseen tilaan jarruttaa täydellisyiden tavoittelua. Saavutettaessa täydellisen tilan vision, tulisi heti miettiä miten asiat voisi tehdä vielä paremmin. Loputon täydellisyiden tavoittelu on Lean -periaatteiden kantava perusajatus. Tällä pyritään saamaan tarve jatkuvalla parantamiselle, ettei toimintojen kehitys loppuisi. /5/

Optimaalisen laadun tavoittelu kannattaa, jos haluaa välttää ylimääräisiä kustannuksia eli hukkaa. Laatuongelmat voivat aiheuttaa hyvin suuria menetyksiä asiak-

kaiden menetyksinä. Yrityksen laatumaiseen heikkeneminen karkottaa tulevatkin asiakkaat, joten voisi sanoa täydellisyyden tavoittelun olevan hyvin tärkeä osa Lean toiminnassa. Laatuongelmien vaikutuksia hukkaan on:

- Laatuongelman etsiminen, jota ei ole olemassa
- Myöhästyneet toimitukset
- Aikataulutettujen seuraavien toimitusten viivästyminen
- Tuottavuuden heikentyminen
- Tuotepalautusten logistiset kustannusten kasvu
- Ylityökustannukset
- Romutus ja alas kirjaukset
- Korjaus kustannukset
- Asiakkaan luottamuksen menetys
- Velat ja oikeusjutut
- Brändin heikentyminen
- Aikataulujen keskeytyminen
- Kustannukset materiaalien uudelleen tilauksista
- Kustannukset ensiluokkaisesta kuljetuksesta
- Lisävälineet ja asennuskustannukset, tehdäkseen uudelleen tilauksen
- Seuraamuksia asiakkailta huonosta suorituskyvystä
- Hallintokustannukset laadun tarkastuslautakunnalta
- Kustannukset tarkastusten lisääntymisestä ja testauksista
- Kustannuksista lisämateriaaleista, pakkauksesta, työstä ja käsittelystä
- Henkilöstön stressi
- Häiriöitä materiaalivirroissa /1, s.4-27/

## 4 KOEAJON JA VIIMEISTELYN PROSESSI

### 4.1 Prosessinkartoitus

Työ aloitettiin selvittämällä millaisia työvaiheita on. Tavoite oli saada asentajat kirjaamaan työhön kuluva aika ja kävellyt metrit eri työvaiheissa läpi koko prosessin. Pitkän neuvottelun tulos oli työvaiheiden videokuvaukset. Rajallisen ajankäytön vuoksi videointi kesti useamman kuukauden, koska ei ollut koko ajan mahdollista olla läsnä kaasuviimeistelyssä. Myöskin heikko ennakoitavuus ja huono tiedonkulku, koska mitään työvaiheita olisi kuvattavana, teki työstä aikaa vievää.

Kuvaamisen tarkkuus oli yleiskatsaus työvaiheista eli aivan tarkin tieto rajattiin pois sen tarpeettomuuden takia.

### 4.2 Kaasumoottorien koeajon prosessi

Moottori saapuu joko linja- tai pilottikokoonpanosta kaasukoeajoon. Kaasukoeajossa on kaksi koeajosellia, joista saadaan luovutettua enintään kaksi moottoria päivässä, useimmiten vain yksi moottori.

Kaasukoeajossa ajettavat moottorit ovat pääasiassa SG- tai DF- moottoreita. Harvemmin dieselmoottoreita. Polttoaineina voi olla

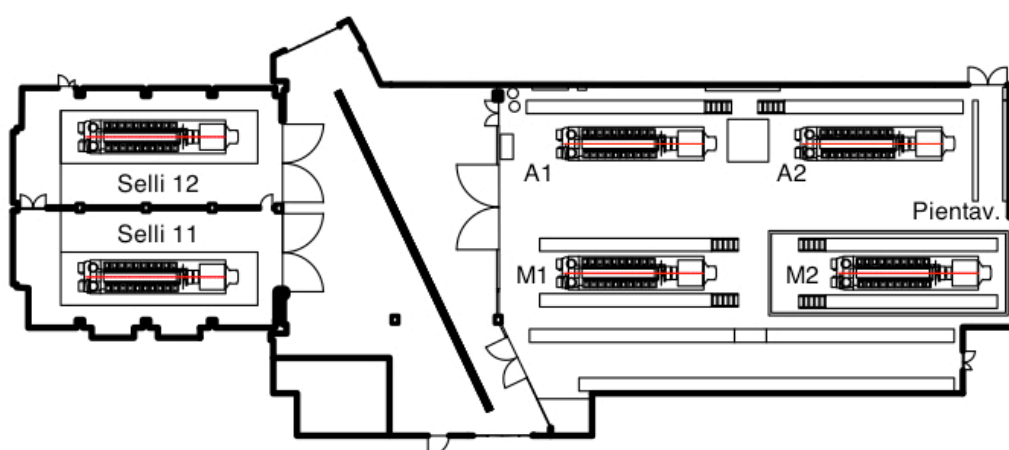
- kaasu
- kaasu ja polttoöljy
- pelkkä kevyt- tai raskaspolttoöljy.

Moottori siirretään pihalavetin avulla koeajoon jommastakummasta kokoonpanosta ja nostetaan siltanosturilla koeajoselliin koeajoselleihin numero 11 tai 12. (**Kuva 8.**) Koeajossa moottori asennetaan joko jousielementtien tai kahden petipalkin päälle, riippuen siitä onko kyseessä moottori ja generaattori yhteisalustalla vai pelkkä moottori. Pelkän moottorin asennuksessa moottori kiinnitetään M42 kokoa olevilla vaarnaruuveilla petipalkkeihin. Jousielementtejä ei kiinnitetä erikseen aggregaattimoottoreihin. Joissain tapauksissa aggregaattimoottori voidaan koeajaa

aggregaatin omilla jousituselementeillä ollen petipalkeilla niiden varassa. Pelkkä moottori kiinnitetään kiinteään generaattoriin ja linjataan samansuuntaiseksi joko moottoria tai generaattoria liikuttamalla. Moottorin pakokaasujärjestelmä liitetään laippaliitoksella pakoputkistoon.

Moottoriin kytketään polttoaine-, öljy- ja vesijärjestelmät sekä sähköjärjestelmät kuormitusta ja moottorin ohjausta varten. Ensin moottoriin lisätään vesi ja poistetaan ilma vesijärjestelmästä. Tämän jälkeen lisätään öljy ja tarkastetaan öljyn tulo joka paikkaan samanaikaisesti käyttäen esivoiteluöljypumppua ja pyörittämällä moottorinpyörityslaitteella moottorin vauhtipyörää. Kaikkien kytkentöjen ja tarkastusten ollessa valmiita moottorille suoritetaan sisäänajo. Sisäänajo kestää kaksi tuntia. Varsinainen koeajo-ohjelmaan määritelty luovutusajo kestää viisi tuntia. Koeajon aikana moottorille suoritetaan erilaisia mittauksia moottorin eri kuormitusasteilla. Mittaukset voi olla sylinteripainemittaus ja polttoainekulutusmittaus. FAT -ajon jälkeen moottoria ajetaan vielä hetken ja varmistetaan moottoria suojaavien järjestelmien toimivuus vikatiloissa. Koeajon jälkeen moottori kytketään irti pakoputkista, öljy-, vesi- ja sähköjärjestelmistä, kuitenkin tyhjentäen ensin öljyt ja vedet moottorista pakoputkien ollessa kuumia.

Koeajon jälkeen moottori siirretään kaasuviimeistelyn halliin siltanosturilla joko asennuspaikalle yksi tai kaksi.

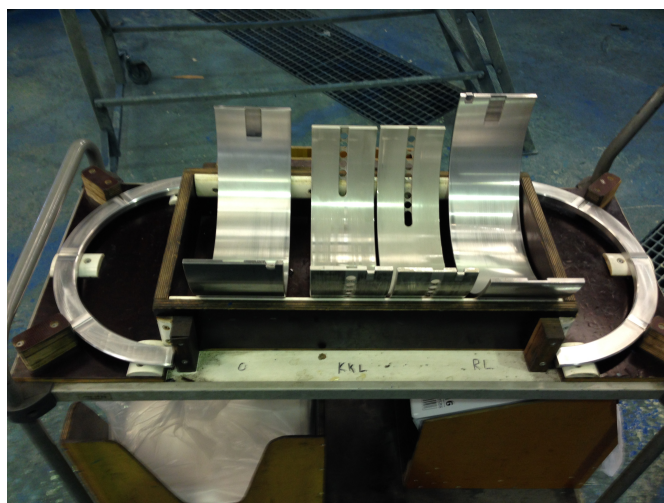


**Kuva 8.** Moottorien kaasukoeajo ja viimeistely

### 4.3 Kaasumoottorien viimeistelyprosessi

Viimeistelyn työskentely saa aloitusimpulssin siitä, kun moottori saadaan nostettua koeajon jälkeen koeajosta viimeistelyyn asennuspaikoille 1 tai 2. **(Kuva 8.)** Tieto avattavista laakereista ja avauksen aikataulusta saadaan avauspöytäkirjasta, koeajopäälliköltä tai viimeistelyn työnjohtajalta. Asentajat suorittavat työtehtävät omatoimisesti ja joustavasti.

Viimeistelyn asentajat irrottavat moottorista tarvittavat luukut ja laakerit luokituslaitoksen edustajalle ja asiakkaalle. Yleensä avataan yksi runkolaakeri, kampilaakeri sekä ohjaava runkolaakeri. **(Kuva 9.)**



**Kuva 9.** Moottorista avatut laakerit esillä asiakkaalle

Runkolaakeri ja ohjaava runkolaakeri avataan käyttämällä paineilma- ja käsityökaluja sekä hydraulisia työkaluja. Hydraulisia työkaluja käytetään suurien M42 ja M56 kokoa olevien vaarnojen löyhdyttämiseen. Hydraulisia työkaluja ohjataan Enerpac -korkeapainepumpuilla, jotka kehittävät suurimmillaan 850 baarin paineen hydraulisiin sylintereihin. Hydrauliset työkalut venyttävät öljynpaineen avulla vaarnaa, jolloin voidaan joko löyhdyttää tai kiristää kiinnitysmutteria. Kampilaakerin silmukkaosa irrotetaan käyttäen M22 koolle tarkoitettuja yhdistelmätyökaluja. Kaikkien avattavien laakerien irrotuksen jälkeen irrotetaan pyörityslaitteen sähkökaapeli sekä avataan nokka-askelin luukut. Luokan edustaja tarkastaa moot-



torin ja irrotetut laakerit ja joko hyväksyy ne sellaisenaan tai vaatii lisäavauksia ja korjauksia vaatimusten täyttämiseksi.

Luokan ja asiakkaan edustajan hyväksyttyä moottorin, viimeistelyn asentajat aloittavat moottorin kokoamisen laittamalla samat tai uudet laakerit paikoilleen sekä tekemällä korjaukset, jos laakereissa tai kampiakselissa on korjattavaa. Jos asennetaan uudet laakerit, useimmiten kampiakselia myös hiotaan. Moottorin kaasauksen yhteydessä tarkastetaan avautumispaineet kampilaakerin silmukan kiinnitysmuttereista käyttäen kiertokangen hydraulisia työkaluja, yhteensä kahdesta kiertokangesta sen ylä- ja alaosasta.

Kokoamisen jälkeen asentajat tarkastavat nokka-akselin ja sylinteriholkkien kunnon. Moottorin kampiakselia pyöritetään pyörityslaitteella yksi kokonainen kierros ja tarkastetaan jokainen holkki tarkastettavan sylinterin yläkuolokohdassa. Moottorin kampiakselin pyöriessä yhden kierroksen, nokka-akseli pyörii puoli kierrosta. Jos jotain huomautettavaa ilmenee tarkastuksessa, asentaja ilmoittaa tästä tarkastajalle ja työnjohtajalle. Työntekijä suorittaa tarvittaessa korjaukset.

Tarkastusten jälkeen moottorin öljypohja tyhjennetään öljystä ja mahdollisista roskista. Öljyn tyhjennyksen aikana runkolaakerien sivuruuvien ja alustan ruuvien päät suojataan muovikupeilla ja suoritetaan nokkaluukkujen reunojen suojarasvaus vahapohjaisella kemikaalilla.

Samanaikaisesti avauksen kanssa, riippuen resursseista, yksi asentaja noutaa diesel viimeistelyn trukilla moottorin vastalaipat moottorinumerolla putkivaraston laippakeräilyjen puskurivarastosta kaasuviimeistelyyn. Laipat asennetaan puhdistettuihin putkenpäihin paperitiivisteineen ja metallilevyineen. Lisäksi asennetaan mahdollisesti roiskesuojat öljy- ja polttoainepuolelle laippojen ympärille. Laippojen asennuksen jälkeen asentaja voi irrottaa moottorin ahtimien pakopuolen jatkoalat ja hukkaportin putken sekä suojata liitospinnat vanerilla.

Moottorin ollessa vielä asennuspuolella, pestään keskipakoissuodatin ja vaihdetaan uusi suodatinpaperi keskipakoisvoimasuodattimen sisälle. Kun kyseessä on

dieselmoottori, vaihdetaan lisäksi polttoainesuodatin eli avataan ja vaihdetaan suodatinpanos uuteen.

Edellisten vaiheiden jälkeen moottori siirretään maalauspuolen paikalle 1 tai 2 rasvaukseen. Riippuen moottorityypistä, asennetaan joko sytytystulpat tai pumpataan ruiskutussuuttimet, eli diesel-moottoreissa pumpataan korkeapainepumpulla kalibrointinestettä ruiskutussuuttimen läpi sylinteriin varmistaen suuttimen toimivuuden sekä ruoste suojaten sylinteriä. Kaasumoottoreissa asennetaan sytytystulpat moottoriin. Ennen rasvausta moottorista avataan venttiilikoneiston suojakotelon kannet, tulpataan reiät muovitulpilla ja suojataan minne ei haluta suojarasvan leviävän. Lisäksi asetetaan valuma-astiat pumppuhyllyn ylivuotoputkien alle.

Kaikkien edeltävien vaiheiden jälkeen moottori suojarasvataan sisäisesti. Kampikammio ja venttiilikoneisto suojataan Shell Ensis DW 2455 suojarasvalla ja pumppuhylly (hotbox) rasvataan Mobil Tectyl 502 suojarasvalla. Rasvausten jälkeen nokka-akselin luukut asennetaan takaisin paikoilleen sekä suljetaan venttiilikoneiston suojakotelon kannet. Moottori puhdistetaan rasvauksen aikana tulevasta ylimääräisestä suojarasvasta.

Moottorin maalausta aloitetaan valmisteltaessa alihankkijayrityksen maalarit suojaavat paperilla, muovikalvolla ja maalausteipillä moottorista paikat, joihin ei piirustusten mukaan tarvitsisi tulla maalia. Teippauksen jälkeen maalarit pesevät moottorin ja puhaltavat kuivaksi paineilmalla. Pesty moottori maalataan kahdessa vaiheessa, ensin maalataan korkeapainemaaliruiskulla pohjamaalikerros maalattavaan pintaan. Tämän annetaan kuivua tunnin ja kuivumisen jälkeen maalataan pintamaali maalattavaan pintaan. Maalauksen jälkeen maalatun moottorin annetaan kuivua jonkin aikaa, mutta siten, että teippaukset on vielä helppo poistaa. Maalaussuojien poistamisen jälkeen maalarit suorittavat ulkoiset rasvaukset moottorin maalaamattomiin pintoihin. Maalatun moottorin annetaan kuivua seuraavaan päivään, yleensä noin 18 tuntia.

Viimeistelyn asentajat asentavat moottorin sisälle, kampikammioon, kosteudenpoistopusseja ja asentavat tämän jälkeen kampikammion luukut paikalleen.

Pumppuhyllylle sijoitellaan tasaisesti myös kosteudenpoistopusseja. Paikat, joissa on pussit, merkitään huomiotarroilla. Irtonaiset osat asennetaan moottoriin tai sijoitetaan sopivalle paikalle kuljetuksen ajaksi. Moottoriin asennetaan kuljetusten ajaksi kuljetusraudat ja suojataan kuljetuksen aikana herkästi vaurioituvat sähkökaapelit.

Koeajon ja viimeistelyn tarkastaja tulee tekemään lähetystarkastusraportin (DIR), tehden visuaalisen tarkastuksen moottorille ja tarkastaa moottorin olevan vaatimusten mukainen viat korjattuina. Kun esimieheltä tai tarkastajalta tulee tieto vikojen korjauksesta, asentajat voivat jatkaa lähetystä.

Korjattuun ja hyväksyttyyn moottoriin asetellaan kaasukapseleita yhtäläiselle korkeudelle koko moottorin ympäri sekä peitellään VCI –muovikalvolla, jossa on korroosionesto-ominaisuuksia. VCI –kalvoon tehdään reiät moottorin sidontakohtiin ja teipataan tiiviisti siten että muovikalvo olisi tiivis. Muovikalvo estää kosteuden pääsyn moottoriin. Muovikalvon asettelun jälkeen asennetaan kuljetusraudoista alasiidontakorvat ja sidotaan muovikalvo tiiviisti niiden alle. Moottorin päälle vedetään paksu pressu ja pressu sidotaan moottorin päädyistä narulla. Moottori nostetaan siltanosturilla ilmaan ja pressun sidontaliinat kiristetään vetäen liinat moottorin alta. Pressun sitomisen jälkeen valmis tuote nostetaan kuljetuslavetin päälle.

## **4.4 Resurssit**

### **4.4.1 Henkilöstö**

Asentajien varsinaiseen työhön kuluu normaalissa tilanteessa aikaa yhteensä 20 tuntia heidän työskennellessään kahdessa vuorossa. Yksi moottori sitoo 2-3 asentajaa riippuen sen hetkisestä tilanteesta. Kaasuviimeistelyssä on asentajia yhteensä kymmenen, joista yksi on määräaikainen ja yksi on puolieläkeläinen. Taulukossa on havainnollistettu töiden jakautuminen kolmen vuorokauden aikana. **(Taulukko 1.)**

**Taulukko 1.** Työvaiheet ja ajankohdat

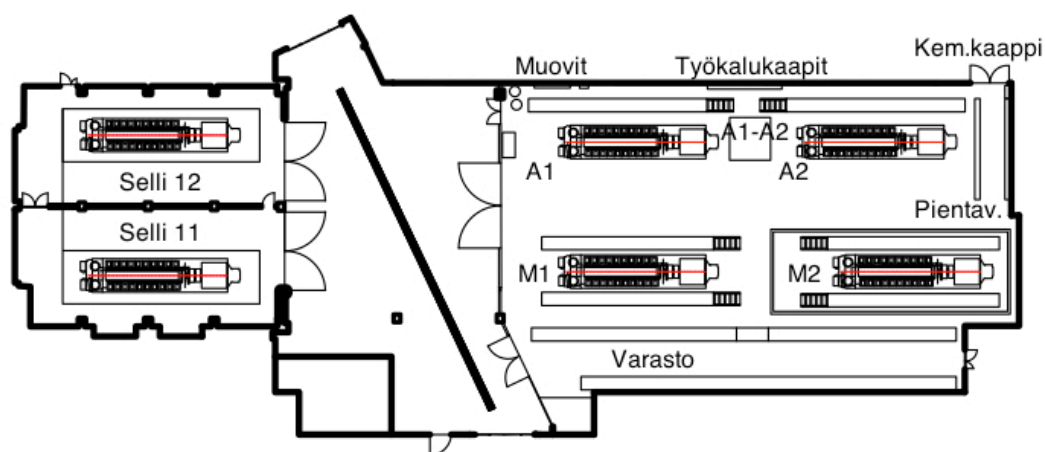
Vuorajakso 4 tuntia	Asentajien työt	Maalarien työt
Aamu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moottorin avaus</li> <li>• Vastalaippojen asennus</li> <li>• Keskipakosuodattimen pesu</li> </ul>	
Päivä	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moottorista irrotettujen laakerien asennus moottoriin</li> <li>• Tarkastukset</li> <li>• Öljypohjan imu</li> <li>• Muovikuppien asennus</li> <li>• Turbon imu- ja pakopuolen aukon suojaaminen puulevyillä</li> </ul>	
Ilta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moottorin siirto maalauspaikalle</li> <li>• Sytytystulppien asennus</li> </ul>	
Ilta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moottorin tulppaaminen. Suojarasvauksen valmistelu</li> <li>• Rasvaus, nokkaluukkujen asennus ja ylim. rasvan puhdistus moottorista</li> </ul>	
Yö		
Aamuyö		
Aamu		
Päivä		Moottorin teippaus ja pesu
Ilta		Moottorin pesu
Ilta		Moottorin maalaus
Yö		Teippausten poisto ja maalaimattomien pintojen suojarasvaus
Aamuyö		
Aamu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosteudenpoistopussien asettelu moottorin sisään</li> <li>• luukkujen ja merkkitarrojen asennus</li> <li>• Sidontakorvien asennus</li> <li>• moottorin lähetystarkastus</li> </ul> vikojen korjaus.	Maalausvirheiden korjaus

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vikojen korjaus</li> <li>• terävien kulmien suo- jaus</li> <li>• moottoripeitteen asennus ja lähetys.</li> </ul>	
Päivä		
Iltapäivä		
Ilta		

Alihankkijayrityksen maalareiden työhön kuluu aikaa työn aloituksesta 24 tuntia vaihtelevalla miehityksellä kahdesta kymmeneen henkilöä. Maalarien lukumäärä on 12 henkilöä. Maalarien toimintatapa on tehdä ensimmäisenä heille valmistuva moottori ellei toisin mainita. Kaasuviimeistelyssä isompi ryhmä maalareita teippaa moottorin nopeasti aamuvuoron aikana, jättäen maalauksen iltavuorolle. Maalarit työskentelevät ympäri vuorokauden, mutta heillä on kiinteä miehitys yövuorossa. Aamuvuoron työaika on klo 06.00-14.00, iltavuoro klo 12.00-22.00 ja yövuoro klo 22.00-06.00. Aamuvuoro on maanantaista perjantaihin, iltavuoro on maanantaista torstaihin. He tekevät ylimääräiset kaksi tuntia neljänä päivänä, ja ovat pois perjantaina töistä. Yövuoro on töissä sunnuntain ja maanantain välisestä yöstä torstain ja perjantain väliseen yön.

#### 4.4.2 Työvälineet ja materiaalit

Työkalukaapit on järjestetty siten, että jokaisen työkalukaapin ovesa oli kuva työkalukaapin järjestyksestä.. Kun kyseessä on henkilökohtainen työkalukaappi, varsinainen hyöty jää laihaksi. Jos työkalukaappeja olisi sijoitettu asennuspaikka-kohtaisesti ympäri hallia ja ne olisi kaikkien asentajien käytössä, standardoidulla työkalukaapin järjestyksellä olisi enemmän hyötyä. Työkalukaappeja on lisätty neljästä kaapista kahteentoista kaappiin, jotta jokaiselle työntekijälle olisi oma kaappi. **(Kuva 10.)** Tällä tähdätään siihen, että työkaluhävikki olisi mahdollisimman pieni. Oletuksena on, että henkilökohtaisen kaapin pitäminen lukossa toimisi paremmin. Toisaalta hävikin olisi saanut pienemmäksi vain painottamalla kaappien lukitsemista, työkalujen palauttamisen kaappiin työskentelyn jälkeen.



**Kuva 10.** Materiaalien sijoittelu

Kaasuviimeistelyn liikuttuja matkoja pystyisi vähentämään siirtelemällä työkaluja ja tarvikkeita paikoille, jossa niitä tarvitaan. Ihanteellisessa tilanteessa jokaiselle asennuspaikalle tulisi omat tarvikehyllyt ja työkalut, jolloin voisi tehdä työtä ilman keskeytyksiä. Esteeksi tulee kaasuviimeistelyhallin pieni koko ja moottorien laaja kirjo. Tuotteiden virtauksen voi estää hallin pieni koko ja mahdolliset ongelmat moottorin koeajon aikana.

#### 4.4.3 Lähetystarvikkeet

Viimeistelyissä tarvitaan moottorin lähetyksessä ylä- ja alasidontakorvia, pressuja ja VCI –muovikalvoa. Ylä- ja alasidontakorvien avulla moottorit sidotaan kuljetusalustaan. Tämän hetken toimintatapana on tilata lähetystarvikkeet alihankkijalta tuotannonsuunnittelun aikataulun mukaisesti Strömberg parkin alueella sijaitsevaan ulkoiseen varastoon. Kaasuviimeistelyyn tilataan varastosta viikon lähetystarvikkeet kerralla.

#### 4.5 Viimeistelyn toiminnan seuranta ja mittaus

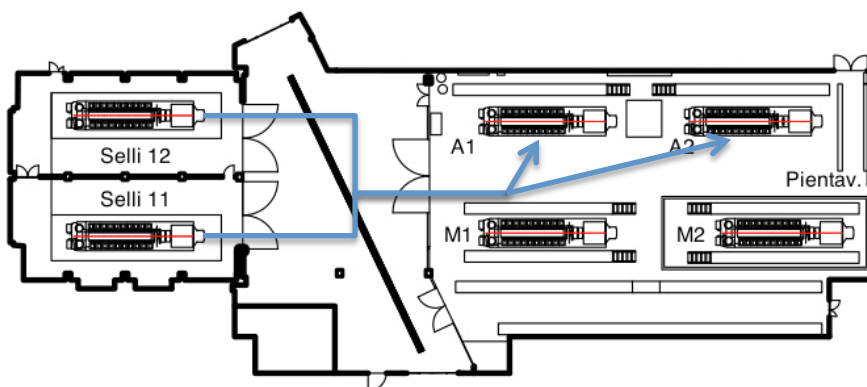
Viimeistelyissä on valittu mittariksi läpimenoaika eli se aika, kun moottori tulee halliin avaukseen, aina siihen asti, kunnes moottori lähtee valmiina tuotteena asiakkaalle.

#### 4.5.1 Työvaiheet, kesto ja etäisyydet

Työvaiheisiin kuluva aika vaihtelee moottorin mallin mukaisesti. Esimerkiksi kuusi sylinterisen moottorin useissa työvaiheissa työskentely on nopeampaa lyhyempien etäisyyksien takia. Työvaiheet, kuljettu matka ja työhön kuluva aika on taulukoitu nykytilan selvittämiseksi. Työvaiheiden kuljettu matka on arvio kaasuviimeistelyn pohjakuvaan ja moottorin kokoon verraten. Työvaiheiden keston ollessa minuutista tuntiin, sekuntien merkkäus ei ollut järkevää. Työvaiheisiin kuluvat matkat, sijainnit ja ajat taulukoitiin (liite 1). Kartoituksessa mainitut sijainnit ovat esitetty hallin pohjakuvissa.

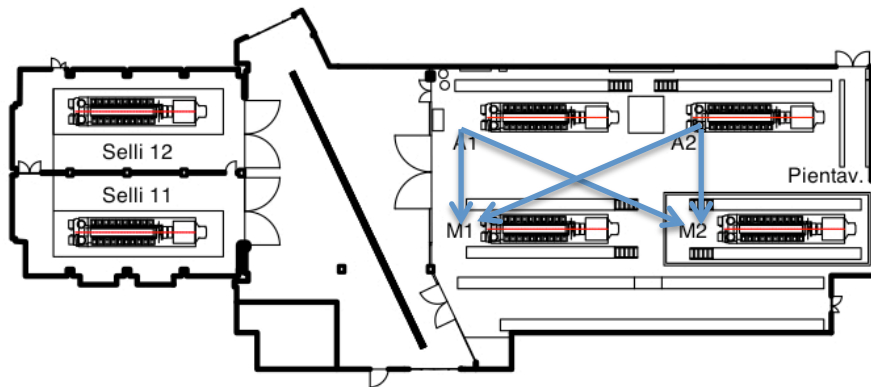
#### 4.5.2 Hallin virtaus

Halli on suunniteltu siten, että moottorit virtaavat kaasukoeajoselleistä 11 ja 12 lastaustilan läpi asennuspaikoille A1 ja A2 (**Kuva 11.**).



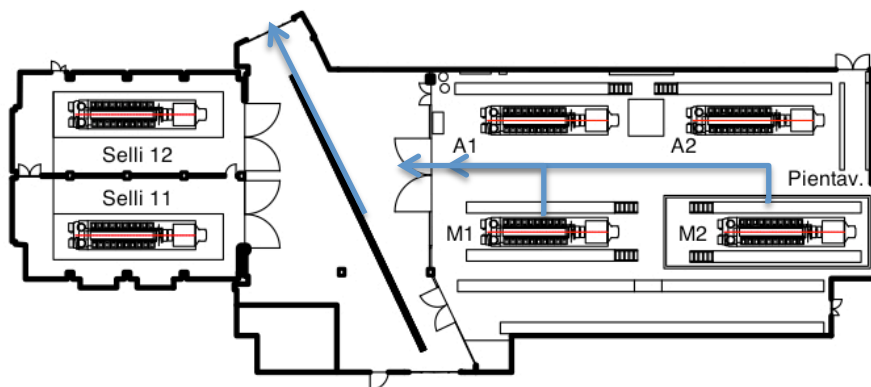
**Kuva 11.** Virtaus koeajosellistä kaasuviimeistelyyn

Asennuspaikalla suoritettavien asennustöiden jälkeen (kesto 8 tuntia) moottorit siirretään maalauspuolelle paikoille M1 tai M2 riippuen onko paikkoja vapaana. (**Kuva 12.**)



**Kuva 12.** Virtaus asennuspuolelta maalauspuolelle

Maalauspuolen asennustöiden ja maalauksen jälkeen moottorit virtaavat maalauspaikalta lastaustilaan erikoiskuljetuslavetille ja lavetti kohti asiakkaita. **(Kuva 13.)**



**Kuva 13.** Virtaus maalauspuolelta lastaustilaan ja asiakkaalle



#### 4.6 Lean kaasumoottorien viimeistelyssä

Viisi Leanin -periaatetta näkyy kaasuviimeistelyn päivittäisessä työssä myyntinä, moottorille tehtävinä töinä, tiedon ja materiaalien kulkuna, oikea-aikaisena moottorin toimituksina ja täydellisyyteen pyrkimisellä.

**Taulukko 2** Lean viimeistelyssä

Lean -periaatteet	Viimeistelyn toiminta
Arvon määrittäminen	Moottoreiden myynti osoittaa oikean arvon.
Arvovirtaus	Moottoreille tehdään asennustöitä
Informaation-, materiaalien- ja tuotannonvirtaus	Tietoa, materiaaleja ja moottoreita tulee tasaisin väliajoin viimeistelyyn, kun niitä tarvitaan
Vastataan kysyntään vasta, kun selvät merkit vastata niihin	Moottorit valmistetaan sopimusten mukaisesti asiakkaalle
Jatkuva pyrkimys täydellisyyteen	Moottoreita ei toimiteta keskeneräisinä, ainoastaan valmiina tuotteina

Viimeistelyssä on myös käytössä Kanban -ohjaus, JOT ja jatkuva parantaminen. Kanban on toiminnassa osassa tarvikkeiden tilauksissa. Viimeistelyn pienet virtaukset eivät kuitenkaan saa aikaan suurta varaston kiertonopeutta ja käytännössä työnjohto ilmoittaa materiaalipuutteista. Oikea-aikaisuutta esiintyy avaustarkastusten, suojarasvausten, maalausten ja moottorin lähetysten aikataulujen pitämisenä. Jatkuva parantaminen ilmenee kehitysehdotusjärjestelmänä, jonne kuka vain voi tehdä parannusehdotuksia. Lisäksi on aloitejärjestelmä suuremmille parannusehdotuksille.

## 5 PARANNUSEHDOTUKSET

Kaasumoottorien viimeistelyn ollessa valmistuksen tuotantoketjun viimeinen osa, usein kiireet ajoittuvat juuri sinne. Yksittäisen moottorin läpimenoajan tulisikin olla mahdollisimman lyhyt. Nykyisen kahden ja puolen päivän läpimenoaika olisi hyvä saada lyhyemmäksi.

Kartoituksessa (liite 1) selvisi varsinaiseen työhön kuluvan aikaa 18 tuntia ja 30 minuuttia ja kaikkien työvaiheiden kokonaiskestoksi 29 tuntia ja 40 minuuttia. Moottorin läpimenoajan ollessa usein 56 tuntia, varsinaisen työn lisäksi, moottorille tulee odotusaikaa ympärivuorokautisessa työssä 26,5 tuntia.

Selvästi eniten aikaa vievä vaihe ja rajoittava tekijä läpimenoajan lyhentämiselle, on maalaus ja sen odotus. Useimmiten maalauksen valmistelua odotellaan koneen maalauskuntoon saattamisen jälkeen 12-14 tuntia ennen kuin maalauksen valmistelutyö aloitetaan. Kun tämä hukka saadaan poistettua, työmenetelmien ja hallin layout kehittämisen tulokset saadaan näkyviin. Nykyisellään, vaikka saataisiinkin suoritettua eri työvaiheet nopeammin, moottori on kuitenkin asentajien hallussa ensimmäisen työpäivän. Vaikka maalarit aloittaisivat teippauksen ja muut työvaiheensa aiemmin, moottori maalattaisiin vasta moottorin avauspäivästä seuravana päivänä ja lähetettäisiin asiakkaalle kolmantena päivänä, edistystä ei tapahtuisi.

### 5.1 Viimeistelyn läpimenoaika

Yleisesti viimeistelyn asentajat suorittavat moottorin avaustarkastukset aamulla ja moottorin suojarasvauksen illalla, joten maalarit aloittavat työnsä seuraavana päivänä. Heiltä kuluu teippaukseen aikaa kolmesta neljään tuntia ja kaksi tuntia pesuun. Maalaus onnistuu kolmessa tunnissa, jos alihankkijalla on sillä hetkellä riittävästi resursseja. Melko usein maalaus tapahtuu iltavuorossa sekoittaen viimeistelyn asentajien toimintaa iltavuoron aikana, koska maalaaminen aloitetaan usein vasta iltavuorojen ruokatauon jälkeen. Kun maalaus suoritetaan samassa moottorin peittävässä kopissa kuin tapahtuu moottorin rasvaus, on mahdollista että rasvaus siirtyy seuraavalle päivälle viivästyttäen maalauksen aloitusta. Pahimmillaan

maalaukseen siirtyä päivällä myöhäisemmäksi varaten toisen maalaukspaikan pitempään.

Kaasuviimeistelyn läpimenoaikaa on mahdollista lyhentää päivällä, jos moottorin maalaus tapahtuisi samana päivänä kuin suoritetaan moottorin avaustarkastus ja vastalaippojen asennus. Tähän pystyttäisiin, jos maalauksen valmistelu kuluva aika voitaisiin tehdä osittain samanaikaisesti asennus töiden kanssa. Moottorin maalauksuojien asennus ja pesu saataisiin suoritettua iltapäivän aikana ja maalaus illalla. Tällä hetkellä maalarit odottelevat siihen asti kunnes moottorin asennustyöt, suojarasvaus mukaan lukien, on suoritettu. Maalarit aloittavat moottorin teippauksen vasta sitten.

Jotta tämä rajoite saadaan murettua, tulee työvaiheiden järjestystä muuttaa siten, että maalauksen odottelu saataisiin poistettua. Nykyisellään kaasumoottorien viimeistelyssä on tapana hoitaa maalausjärjestelyt siten, että moottori suojataan maalauksen ajaksi päivällä ja itse maalaus suoritetaan iltavuorossa. Maalauksen voisi siirtää moottorin avauspäivälle iltavuoroon ja maalauksen valmistelut voisi tehdä päällekkäin asentajien aamuvuoron töiden kanssa. Osa moottorin työvaiheista siirrettäisiin maalauksen jälkeen. Vain kampikammiossa tehtävät työt, suodattimien peseminen ja vastalaippojen asennus suoritettaisiin aamuvuorossa. Moottori luovutettaisiin maalareille puolenpäivän jälkeen, jolloin maalareille jäisi riittävästi aikaa maalauksen valmisteluun ja maalaukseen.

Parannusehdotus ei kiristä työtahtia vaan järjestee työvaiheita uudelleen. Uudelleen järjestetty työn jaksotus luo sisäänrakennetun tavoitteen työpäivälle. Uusi tapa toisi viimeistelyn asentajille selkeämmin esille hyödyn 5S -ohjelmasta, oikea-aikaisuudesta ja informaationkulusta. Tämä voisi motivoida kaikkia toimimaan paremmin 5S -ohjeistuksen mukaisesti.

Uusi töiden jaksottamien rajoittuu tämän hetken resursseilla yhden moottorin päivätahtiin. Muita mahdollisia rajoitteita on moottorien korjaukset viimeistelyssä, jolloin maalaus voi viivästyä seuraavalle päivälle menettäen uuden töiden jaksottamisen hyödyn.

### 5.1.1 Työvaiheiden ajoitus

Asennustyövaiheiden kokonaiskesto on 18,5 tuntia taukoja ja odotusten hukkaa huomioimatta. Osa työvaiheista tehdään samanaikaisesti siten, että työt saadaan valmiiksi kahdessa vuorossa. Läpimenoajan lyhentämiseksi suoritettaisiin ensin moottorin avaus. **(Taulukko 3.)** Samanaikaisesti asennettaisiin moottorin vastalaipat sekä pestäisiin keskipakosuodatin ja DF –moottoreissa vaihdettaisiin uudet suodatinpatruunat polttoainesuodattimeen.

Aiempi moottorin vastalaippojen haku jätetään pois säästään aikaa 30-90 minuuttia. Vastalaippojen haun kesto venyy usein kulkuesteiden vuoksi, kun moottorin kuljetuslavetti tai trucki ei ole saatavilla. Tämän hukan saa poistettua tilaamalla vastalaippasetit sähköpostilla tarvepisteelle silloin kun niitä tarvitaan.

Turvallisuuden vuoksi turbon imu- ja pakopuolen aukon voisi suojata puulevyillä vasta seuraavana päivänä, jolloin moottori sijaitсии maalauspaikalla kahden telineen välissä. Nykyisellään tämä vaihe tapahtuu usein asennuspaikalla, jossa ei ole sopivia telineitä moottorin ympärillä. Käytössä on myös henkilönostin, mutta henkilönostimen nostokorista ei saa nousta pois, jolloin työ teko on hankalaa.

**Taulukko 3.** Töiden uusi järjestys

Vuorajakso 4 tuntia	Asentajien työt	Maalarien työt
Aamu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moottorin avaus</li> <li>Vastalaippojen asennus</li> <li>Keskipakosuodattimen pesu</li> </ul>	
Päivä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moottorin kokoaminen</li> <li>Tarkastukset</li> <li>Öljypohjan imu</li> <li>Muovikuppien asennus</li> <li>Turbon imu- ja pakopuolen aukon suojaaminen puulevyillä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moottorin teippaus</li> </ul>
Ilta		<ul style="list-style-type: none"> <li>Moottorin pesu</li> </ul>
Yö		<ul style="list-style-type: none"> <li>Teippausten poisto</li> </ul>
Aamuyö		<ul style="list-style-type: none"> <li>Maalaamattomien pintojen suojarasvaus</li> </ul>

Aamu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sytytystulppien asennus</li> <li>• Moottorin tulppaaminen. Suojarasvauksen valmistelu</li> <li>• Rasvaus, nokkaluukkujen asennus ja ylim. rasvan puhdistus moottorista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maalausvirheiden korjaus</li> </ul>
Päivä	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosteudenpoistopussien asettelu moottorin sisään</li> <li>• luukkujen ja merkkitarrojen asennus</li> <li>• Sidontakorvien asennus</li> <li>• moottorin lähetystarkastus</li> <li>• vikojen korjaus.</li> </ul>	
Iltapäivä	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vikojen korjaus</li> <li>• terävien kulmien suojaus</li> <li>• moottoripeitteen asennus ja lähetys.</li> </ul>	

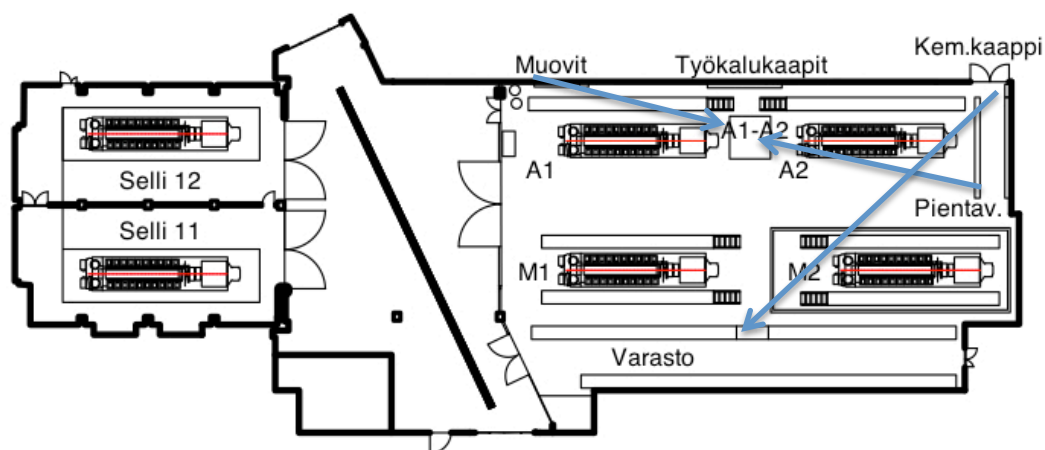
### 5.1.2 Työpäivän tavoitteet

Työpäivän selkeillä tavoitteilla työvaiheet olisivat ennakoitavissa, niin että jokainen tietää mitä tekee seuraavana päivänä. Seuraavan päivän työnjaon voisi suorittaa iltavuoron tullessa töihin klo 14.00, jolloin kerrottaisiin millä tiimillä pyritään seuraavan päivän tavoitteeseen. Aamuvuoron tavoitteena olisi moottorin saattaminen siihen kuntoon, että kaikki työt moottorin kampikammiossa on suoritettu ja maalattavat osat ovat asennettu moottoriin. Toisen päivän tavoitteena olisi maalauksen jälkeiset työt eli moottorin sisäiset suojarasvaukset ja lähetyskuntoon laitto. Iltavuoron vakiotyöksi tulisi moottorin lähetys. Jos lähetys onnistuu riittävän aikaisin, iltavuoro voi aloitella seuraavan päivän moottorin avausta illalla.

Kaasumoottorien viimeistelyn teoreettinen tuotannon viikkotahti olisi viisi moottoria viikossa. Tämä edellyttää tasaisen virtauksen koeajoon ja viimeistelyyn sekä moottoreita ilman suurempia vikoja.

## 5.2 Kaasumoottorien viimeistelyn layout

Kaasuviimeistelyn hallissa työkalujen ja materiaalien uudelleen sijoittelulla saataisiin pieniä parannuksia läpimenoaikaan. Asennustyön kokonaiskestosta kuluu 1,5 tuntia työkalujen ja hakemiseen ja palauttamiseen. Työkalukaappeja voisi sijoittaa jokaiselle telineelle mahdollisimman lähelle tarvepistettä. Kaasumoottorien viimeistelyn työkalujen ja tarvikkeiden sijoittelua voi parantaa selvästi, lyhentäen käveltävien metrien määrää ja vähentäen hukkaa. Selkein vaihtoehto tarvikkeiden uudelleen sijoittelulle olisi asennuspaikka A1:n ja A2:n väliin jäävään tilaan. Tilaan saisi kaksi hyllyä, joihin saisi tarvittavat materiaalit ja tarvikkeet. Hyllyt sijaitsisivat keskeisellä paikalla, josta olisi helppo hakea tarvikkeita tarpeeseen. Hyllyt voisi jakaa kahteen osaan sijoittaen ne symmetrisesti asennuspuolen telineiden läheisyyteen kuvan 14 mukaisesti. Kuitenkin siten, että hyllyjen tekemä välikko olisi käytävälle päin antaen henkilöstölle esteettömän pääsyn tarvikkeille.



**Kuva 13.** Muovien ja usein tarvittavien materiaalien uudet sijainnit

Muovikalvorullat sijaitsivat viimeistelyssä asennuspaikan A1 takana nurkassa, josta maalarit ja asentajat hakevat muoveja moottoreille. Maalarit tarvitsevat muovia maalaussuojiksi ja asentajat VCI –muovia moottorin avonaisiksi jääneiden kohtien suojaamiseksi kosteudelta. Nykytilassa muovien sijainti ei ole yhdellekään moottorin paikalle hyvässä paikassa. Muovien uusi paikka sijaitsisi kuvan 14 osoittamalla paikalla. Kemikaalikaappi sijaitsee myös hallin kaukaisimmassa nurkassa ja sille otollisempi paikka olisi varaston puolella kulkureitin vieressä.

### 5.3 Lähetystarvikkeet

Hukkaa saataisiin poistettua lähetystarvikkeiden kuljetuksista ja varastoinnista, jos tarvikkeet lähetettäisiin suoraan koeajo- ja viimeistelyosastoille viikkoa ennen lähetystä. Tämä vaatisi alihankkijalta vakituisia miehiä lähetystarvikkeiden valmistukseen. Sidontakorvien valmistus tapahtuu erinä eli korvat etenevät tuotannossa ryppäinä askeleen kerrallaan. Tuoteartikkeleita ollessa noin 3 500, viisi erimallista sidontakorvaa ja eri moottorityypeille tarkoitettuja moottorin kuljetuspukkia, ne ovat vain pieni osa tuotannosta. Lähetystarvikkeiden valmistukseen ei ole sidottu miehiä vakituisesti. Valmistus tapahtuu kun siihen on aikaa, maksimoiden tuotantomäärän.

## 6 YHTEENVETO

Tavoitteena oli luoda malli kaasumoottorien viimeistelyyn, jolla saataisiin lyhennettyä läpimenoaikaa Lean –periaatteita käyttämällä. Läpimenoaikaa saa lyhennettyä poistamalla odottelun ja liikkeen hukkaa.

Tarkoituksena ei ollut kuitenkaan aiheuttaa työtahdin kiristystä vaan tasapainottaa päivän aikaansaannosta muuttamalla työvaiheiden järjestystä selkeillä tavoitteilla. Jos tavoitteisiin ei päästä, uuden mallin käyttö epäonnistuu. Uudella työjärjestyksellä pyritään saamaan lähes yhtäjaksoinen tuotteen prosessointi. Ainoastaan moottorin maalauksen jälkeen, moottorin annetaan kuivua seuraavaan aamuun saakka tekemättä asennustöitä. Vain maalaussuojien poisto ja osa suojarasvauksista tapahtuu kuivumisaikana. Kuivuminen jatkuu toisen päivän aikana ennen kuin moottori peitetään suojapeitteellä ja lähetetään asiakkaalle. Tällöin moottori saa kuivua pitempään ja varmistaa riittävän kuivan maalipinnan.

Kaasumoottorien viimeistelyssä voi parantaa työkalujen ja tarvikkeiden sijoittelua mahdollistaen pieniä parannuksia työvaiheiden kestoon ja läpimenoaikaan. Prosessinkartoitus paljasti suuren määrän turhaa liikettä ja odottelua, joihin saataisiin parannuksia sijoittamalla työkalut tarvepisteelle. Vaihtoehtoisesti voitaisiin tehdä tarvittavista työkaluista lista, jotka noudetaan työpäivän alkaessa ja palautetaan päättyessä. Asennusta edeltävät valmistelut voisi suorittaa ennen varsinaista työtä, kuten esimerkiksi turbon avonaisten aukkojen suojauksessa, jotta valmistelutyöt ei veisi aikaa muilta töiltä.

Jos haluttaisiin saada paremmin virtaava hallin layout, tulisi kuljetusreittejä miettiä uudelleen nykyisen ”umpikuja” -mallin sijaan. Nykyisellään halliin tuodaan tuotteet samasta ovesta kuin ne lähetetään asiakkaallekin. Hallin layout- kuvaa katsoessa, oikean puoleiseen seinään voisi tehdä vaihtoehtoisen kuljetus reitin. Moottorien lähetys voisi lähettää asiakkaalle käyttäen tätä reittiä, jolloin ei syntyisi virtausta väärään suuntaan.

Kaikkea hukkaa ei voida poistaa viimeistelyn nykytilasta. Lähetystarvikkeiden pitkät toimitusajat tekevät viimeistelyn alati muuttuvan aikataulun vuoksi oikea-



aikaisuuden mahdottomaksi. Nykyinen yksinkertainen tapa kierrättää lähetystarvikkeet välivaraston kautta viimeistelyn tarvepisteelle pitää viimeistelyn hukkaa alhaisena, mutta koko toimitusketjua tarkastellen lisää hukkaa.

Läpimenoajan lyhentäminen voi parhaimmillaan merkitä suuriakin säästöjä toimituspäivän lähestyessä, jos projektille on sovittu myöhästymissakkoja. Lyhyempi läpimenoaika mahdollistaa myös suuremman viikoittaisen moottorimäärän. Samaa mallia pystyisi hyödyntämään myös dieselviimeistelyssä, jos valmistustahti olisi sama, yksi moottori päivässä. Suurempi moottorimäärä tarvitsisi suuremman henkilöstömäärän.

Liitteenä oleva prosessinkartoitus on poistettu.

## LÄHTEET

- /1/ End-To-End Lean management: A guide to complete supply chain improvement. Robert J. Trent. 2008 USA
- /2/ <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/leanin-historiaa>. 13.1.2014
- /3/ <http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>. 13.1.2014
- /4/ Lean handbook, Module 2, Principles of Continuous Process Improvement. Anthony, Manos and Chad Vincent. 2012 USA.
- /5/ Lean thinking, banish waste and create wealth in your corporation, second edition, James P. Womack and Daniel T. Jones. First Free Press Edition 2003 USA.
- /6/ Total Quality Management, Bhat, K. Shridhara. Mumbai, IND: Global Media, 2010. S, 271-272/
- /7/ Creating continuous flow, An Action Guide for Managers, Engineers and Production Associates. Mike Rother and Rick Harris. Lean Enterprise Institute Cambridge, MA USA 2001.
- /8/ 5s Lean manufacturing (Key to Improving Net Profit), Ade, Asefeso. AA Global Sourcing Ltd. 2012.
- /9/ <http://www.velaction.com/kaizen-event/> viitattu. 20.4.2014

Liite poistettu